



INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA
INSTITUTO SUPERIOR DE CONTABILIDADE E ADMINISTRAÇÃO DE COIMBRA

OTIMIZAÇÃO DO PLANEAMENTO NUM SISTEMA DE CONTROLO DE GESTÃO DA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO

Artur Jorge Lourenço de Figueiredo

Relatório de projeto submetido como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em CONTROLO DE GESTÃO

Orientador (a): Doutor Pedro Coimbra Martins

Coorientador (a): Doutor António Rui Trigo Ribeiro

COIMBRA

Outubro 2015

“É longo o caminho que vai do projeto à coisa”

Jean Molière / Ator, Dramaturgo e Compositor

Agradecimentos

Este espaço é dedicado àqueles que de uma forma ou de outra deram a sua contribuição para que este projeto fosse possível. A todos eles deixo aqui o meu agradecimento sincero.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus orientadores, Doutor Pedro Martins e Doutor António Trigo, pela disponibilidade demonstrada desde o início, assim como pelos conhecimentos transmitidos, pelas opiniões, críticas e orientações dadas, para que este projeto fosse possível.

Ao Engenheiro Carlos Santos pela colaboração e participação, tanto na definição inicial do projeto como no desenvolvimento mesmo.

Aos docentes e colegas deste Mestrado, pela amizade e ensinamentos transmitidos, que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste projeto.

Finalmente, dedico este trabalho à minha família, em especial à minha esposa Vera, pelo apoio e incentivo e às minhas filhas Rafaela e Camila, pois apesar de sentir que com o tempo despendido com este projeto as privei em alguns momentos da minha companhia estou certo de que este projeto também servirá de estímulo e exemplo para elas no futuro.

Resumo

Até a mais remota das atividades exige a presença da função de planeamento pois, mesmo que empiricamente, o gestor irá sempre planear o processo de decisão.

As organizações dos nossos dias veem o planeamento como um processo contínuo, que integra não só a organização mas também o ambiente que a envolve. Isto permite estabelecer objetivos com o intuito de aumentar o desempenho dessa organização.

Muitas vezes, sobretudo devido à complexidade e especificidade de certas atividades, o planeamento não é efetuado da forma mais eficiente. O referido anteriormente descreve muito bem a dificuldade inerente à atividade de manutenção de subestações, pelo que este projeto pretende desenvolver uma ferramenta específica com o intuito de planear e otimizar rotinas e também de controlar a atividade desenvolvida no departamento de manutenção de subestações da EDP Distribuição.

Abstract

Even the most remote activity requires the existence of a planning function, in view of the fact that the manager will invariably plan the decision making process, even if such is done empirically.

In our days, organizations view planning as a continuous process, which integrates not only the organization but also it's enveloping environment. This allows the establishment of goals (objectives) which aim to increase the performance of said organization.

Oftentimes, planning is not carried out in the most efficient way, mainly due to the complexity and specificity of certain activities. The aforementioned describes clearly, the difficulty inherent to the maintenance of substations, therefore this project intends to develop a specific tool which will allow planning and optimization of routines as well as controlling the activities developed at the department of substation maintenance of EDP Distribution.

Índice Geral

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract.....	v
Índice Geral	vi
Índice de tabelas	ix
Índice de figuras	x
Glossário.....	xii
1 Introdução	1
1.1 Motivações e objetivos	1
1.2 Metodologia.....	2
1.3 Organização do relatório	3
2 Caracterização do planeamento da atividade de manutenção de subestações no grupo EDP .	5
2.1 Estrutura do grupo EDP.....	5
2.1.1 EDP Distribuição.....	5
2.1.2 Direção de Manutenção (DMN).....	5
2.1.3 Departamento de Manutenção de Subestações (MNSE).....	6
2.2 Enquadramento do problema.....	12
3 Otimização de Rotas	14
3.1 Descrição do Problema.....	14
3.2 Vehicle Routing Problems (VRP)	15
3.2.1 A importância do VRP	16
3.3 VRP Spreadsheet Solver.....	17
3.3.1 Estrutura do ficheiro	17
3.3.2 Solução algorítmica.....	18
3.3.3 Caso Prático.....	18

3.3.4	Cenário	23
4	Análise e especificação de requisitos.....	26
4.1	Unified Modeling Language (UML)	26
4.2	Diagramas de casos de uso	27
4.2.1	Diagrama de casos de uso do Sistema Geral	28
4.2.2	Diagrama de casos de uso <i>packages</i> “Registo e Acompanhamento da Intervenções”	29
4.2.3	Diagrama de casos de uso <i>packages</i> “Planeamento das intervenções”	30
4.2.4	Diagrama de casos de uso <i>packages</i> “Otimização de Rotas”	30
4.2.5	Diagrama de casos de uso <i>packages</i> “Controlo de Gestão”	31
4.2.6	Diagrama de casos de uso <i>packages</i> “Gestão de Utilizadores”	31
4.2.7	Diagrama de casos de uso <i>packages</i> “Gestão e Cadastro de equipamentos”	32
5	Conceção.....	33
5.1	Apresentação da arquitetura proposta	33
5.2	Diagrama de classes	34
5.3	Mockups da aplicação	35
5.3.1	Página login.....	35
5.3.2	Página Inicial.....	35
5.3.3	Página Energia.....	36
5.3.4	Página Plano Semanal	37
6	Implementação.....	38
6.1	Tecnologias utilizadas	38
6.1.1	XAMPP	38
6.1.2	dbForge Studio Express for MySQL.....	39
6.1.3	IDE	39
6.1.4	EasyRotator	40

6.1.5	DataTables.....	40
6.1.6	FullCalendar	41
6.1.7	Google Charts.....	41
6.2	Linguagens utilizadas	42
6.2.1	Desenvolvimento efetuado (exemplos)	43
7	Apresentação.....	48
7.1	Página login	48
7.2	Página inicial (perfil Colaborador).....	48
7.3	Página inicial (perfil <i>Controller</i>).....	49
7.4	Página energia	50
7.5	Página plano semanal	50
7.6	Página editar tarefa	51
7.7	Página instalações.....	52
7.8	Página otimização.....	52
7.9	Página controlo da atividade	53
8	Conclusão.....	54
8.1	Trabalho futuro.....	54
	Referências	55
	Anexos II – VRP Solver	60

Índice de tabelas

Tabela 1- Fatores de Ponderação	8
Tabela 2 - Parâmetros para cálculo do Índice Crítico	9
Tabela 3 – Parâmetros para cálculo do Ic de três instalações	9
Tabela 4 - Critério de periodicidade dos planos de manutenção das instalações.....	10
Tabela 5 - Periodicidades dos planos de manutenção de equipamentos	11
Tabela 6 - Fichas de revisão.....	12
Tabela 7 - Consola VRP SpreadSheet.....	18
Tabela 8 - VRP Solver (Parametrização das Instalações)	20
Tabela 9 - VRP Solver (extrato da tabela de distâncias).....	20
Tabela 10 - VRP Solver (Carregamento do nº de veículos).....	21
Tabela 11 - VRP Solver (resumo trimestral).....	22
Tabela 12 - VRP Solver (resumo anual)	23
Tabela 13 - Nº de quilómetros realizados em 2014.....	23
Tabela 14 - Nº de quilómetros realizados 1º sem de 2015	24
Tabela 15 - nº vs % de MPS (ano 2014)	24
Tabela 16 - Comparação quilómetros	25
Tabela 17 - Comparação duração tarefa IV	25
Tabela 18 - VRP Solver, solução Rota 1.....	61
Tabela 19 - VRP Solver, solução Rota 2.....	62
Tabela 20 - VRP Solver, solução Rota 3.....	63
Tabela 21 - VRP Solver, solução Rota 4.....	64

Índice de figuras

Figura 1 - Organograma do Departamento de Manutenção de Subestações.....	6
Figura 2 - Subestação Tipo.....	7
Figura 3 - Exemplo de rotas de veículos com um centro de distribuição	15
Figura 4 - Fluxo de informação do VRP Solver.....	17
Figura 5 - VRP Solver mapa com as rotas otimizadas	21
Figura 6 - Diagrama de casos de uso do Sistema	28
Figura 7 - Diagrama de casos de uso “Registo e acompanhamento das intervenções”	29
Figura 8 - Diagrama de casos de uso “Planeamento das intervenções”	30
Figura 9 - Diagrama de casos de uso “otimização de rotas”	30
Figura 10 - Diagrama de casos de uso “Controlo de gestão”	31
Figura 11 - Diagrama de casos de uso “Gestão utilizadores”	31
Figura 12 - Diagrama de casos de uso “Gestão e cadastro instalações/equipamentos”	32
Figura 13 - tecnologia cliente/servidor.....	33
Figura 14 - Diagrama de classes aplicação	34
Figura 15 - Mockup da página de login	35
Figura 16 - Mockup da página inicial	36
Figura 17 - Mockup da página energia.....	36
Figura 18 - Mockup da página plano semanal	37
Figura 19 - Painel de controlo do XAMPP	38
Figura 20 - Exemplo da aplicação dbForge Studio for MySQL	39
Figura 21 - Exemplo da aplicação do EasyRotator	40
Figura 22 - Exemplo de utilização do DataTable.....	41
Figura 23 - Exemplo de utilização do FullCalendar	41
Figura 24 - Exemplo de utilização do Google Charts	42
Figura 25 - Cabeçalho, páginas da aplicação	43

Figura 26 - Código HTML, para gerar o cabeçalho	43
Figura 27 - Código, PHP para construir caixa de seleção dinâmica	44
Figura 28 - Exemplo de gráficos, página controlo da atividade.....	44
Figura 29 - Código para efetuar query a base de dados	45
Figura 30 - Código para desenhar gráfico	45
Figura 31 - Página para edição de tarefa MPS	46
Figura 32 - Código para gravação das alterações de tarefa MPS.....	46
Figura 33 - Código <i>json</i> para carregamento de tarefa MPS no calendário	47
Figura 34 - página login	48
Figura 35 - Página inicial (perfil colaborador).....	49
Figura 36 - Página inicial (perfil <i>Controller</i>).....	49
Figura 37 - Página área de energia	50
Figura 38 - Página plano semanal	51
Figura 39 - Página editar tarefa	51
Figura 40 - Página Instalações	52
Figura 41 - Página Otimização.....	52
Figura 42 - Página Controlo da atividade.....	53
Figura 43 - Ficha inspeção Visual.....	57
Figura 44 - Ficha revisão Transformadores de Potência.....	57
Figura 45 - Ficha revisão Disjuntor.....	58
Figura 46 - Ficha revisão disjuntores pequeno volume de óleo	58
Figura 47 - Ficha de Revisão Disjuntor PVO	59
Figura 48 - Ficha de Revisão Disjuntor Vácuo	59
Figura 49 - Consola VRP Solver.....	60

Glossário

AT – Alta Tensão

BPP – Bin Packing Problem

BD – Base de Dados

BT – Baixa Tensão

CASE – Computer Aided Software Engineering

CVRP – Capacitated Vehicle Routing Problem

EDP – Energias de Portugal S.A.

FP – Fator de Ponderação

GNU – General Public License

GWh – Giga Watt hora

HTML – HyperText Markup Language

Ic – Índice de Criticidade

IC – Intervenção Complementar

IDE – Integrated Development Environment

JAD – Joint Application Development

LNS – Large Neighborhood Search

MDVRP – Multi-Depot Vehicle Routing Problem

MNSE – CNTCBR - Departamento de manutenção de Subestações zona centro grupo de atividade de Coimbra.

MPS – Manutenção Preventiva Sistemática

MT – Média Tensão

N – Normal

NetBEUI – Net BIOS Extended User Interface

NI – Normal após intervenção

OMG – Object Management Group

PHP – Hypertext Preprocessor

PVO – Pequeno Volume de Óleo

RAD – Rapid Application Development

SAP – Systems Applications and Products

SDLC – Systems Development Life Cycle

SE/PCS – Subestação/Posto de Corte e Seccionamento

SF6 – Hexafluoreto de Enxofre

SGBD – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados

SQL – Structured Query Language

TCP/IP – Transmission Control Protocol / Internet Protocol

TP – Transformador de Potência

TSP – Traveling Salesman Problem

UML – Unified Modelling Language

VNS – Variable Neighborhood Serch

VRPTW – Vehicle Routing Problem with Time Windows

WYSIWYG – What You See Is What You Get

1 Introdução

A melhoria da performance das organizações empresariais tem sido potenciada pelos benefícios decorrentes da intensificação e multiplicação de sistemas de controlo de gestão sofisticados. As visões e orientações estratégicas empresariais são definidas utilizando elaborados instrumentos que incorporam amplas dimensões estratégicas do funcionamento das mesmas, incluindo aspetos financeiros e não financeiros. Portanto, o controlo de gestão assume uma importância acrescida devido à necessidade de um planeamento adequado e rigoroso das metas e objetivos a atingir no decurso da atividade. Podemos ainda acrescentar que o controlo de gestão constitui uma disciplina de avaliação da performance organizacional, da adequação de metas e objetivos à estratégia definida e de identificação e correção de desvios observados.

Atualmente verificamos que o novo contexto organizacional se caracteriza pelo crescente processo de mudança, flexibilidade, rapidez e adaptação. Este facto exige às organizações a adoção de um alinhamento estratégico, isto é, a adoção de um vetor de análise e consideração de variáveis capazes de otimizar o processo de tomada de decisão. Deste modo, qualquer tipo de organização deve definir os melhores mecanismos para otimizar o desempenho e a performance, com o intuito de conciliar a sua orientação com a estratégia previamente estabelecida.

1.1 Motivações e objetivos

No decorrer da minha atividade laboral no MNSE CNT¹, deparei-me com um défice, nesta área do planeamento e controlo, mais propriamente na área operacional. Assim, pretende-se com este projeto dotar este departamento, de uma plataforma onde seja possível, o planeamento e o controlo da atividade de manutenção, acrescentando também uma componente de otimização de rotas aplicável as deslocações dos seus colaboradores.

Pretende-se, então, criar uma ferramenta que efetue a otimização das deslocações das equipas, diminuindo o número de quilómetros percorridos. Pretende-se também conceber uma aplicação que permita que equipas de manutenção criem, organizem e partilhem informação rápida e facilmente, permitindo a sua visualização num calendário de grupo e permitindo a listagem de equipamentos. O calendário de grupo permite fazer uma programação das tarefas

¹ MNSE CNT – Departamento de manutenção de subestações da EDP Distribuição, com área de intervenção na zona centro do país

a executar e o acompanhamento do feedback dado pelo executante das mesmas. As listagens de equipamentos servem como apoio à realização das tarefas.

1.2 Metodologia

Em 1991, com a publicação do livro “*Rapid Application Development*” James Martin, introduziu o termo RAD para descrever uma metodologia de desenvolvimento de *software* que envolve repetições curtas, baseado parcialmente em prototipagem para completar as exigências de especificação (Martin 1991). Nos últimos anos, este termo foi usado para abranger um conjunto de técnicas para acelerar o desenvolvimento de aplicação.

O Desenvolvimento Rápido de Aplicações é um método de desenvolvimento de *software* que utiliza planeamento mínimo em prol de prototipagem rápida. O planeamento de *software* desenvolvido utilizando RAD está interligado com a escrita do próprio *software*. A ausência de pré-planeamento, em termos gerais, permite que o *software* seja escrito muito mais rápido e faz com que seja mais fácil de alterar os requisitos para o software. Contudo, é de realçar que o RAD não é aconselhado quando os riscos técnicos são elevados. Esta metodologia pode ser dividida nas seguintes fases (Martin 1991):

- Fase do planeamento de necessidades - Discussão entre utilizadores, administradores e membros da equipa sobre as necessidades de negócios. Esta, termina quando a equipa está de acordo sobre as principais questões e obtém autorização da gestão para avançar.
- Fase do projeto do utilizador – Fase de interação entre utilizadores e analistas de sistemas com o objetivo de desenvolver modelos e protótipos que representam todo o sistema de processos: entradas e saídas. Este projeto é um processo contínuo iterativo que permite aos utilizadores entenderem, modificarem, e, eventualmente, aprovarem um modelo de funcionamento do sistema que responda às suas necessidades. Os grupos RAD, de um modo geral, utilizam uma combinação *Joint Application Development* (JAD), técnicas e ferramentas CASE (*Computer Aided Software Engineering*) para traduzir as necessidades do utilizador em modelos de trabalho.
- Fase de construção – Esta fase centra-se sobre o programa e desenvolvimento de aplicações tarefa semelhante ao *systems development life cycle* (SDLC). Em RAD, os utilizadores continuam a sua participação e podem ainda surgir alterações e/ou melhoramentos como telas reais ou relatórios desenvolvidos.

As suas tarefas consistem na programação e desenvolvimento de aplicativos, codificação e testes do sistema.

- Fase de transição – Esta fase tem semelhanças com as tarefas finais na fase de implementação SDLC, incluindo a conversão de dados, testes, passagem para o novo sistema e formação do utilizador. Comparado com os métodos tradicionais, todo o processo é comprimido. Como resultado, o novo sistema é construído, entregue e colocado em prática mais cedo.

Podemos realizar esta abordagem utilizando uma solução de *software* existente e adicionando modificações de acordo com o utilizador, adaptando a linguagem de programação subjacente que permite a criação rápida de um programa.

A abordagem RAD para o desenvolvimento do programa é utilizada quando o desenvolvimento envolve uma equipa muito pequena, de baixo orçamento e tempo mínimo; os projetos de pequena escala; uma pequena gama de linguagem de codificação (Beynon-Davies et al. 1999).

1.3 Organização do relatório

O presente relatório é constituída por sete capítulos, de seguida será dada uma breve descrição dos mesmos.

No primeiro capítulo são apresentadas as razões para a realização do presente projeto, assim como a metodologia utilizada.

O segundo capítulo efetua a análise do problema, definindo as características da empresa, enquadrando o problema e as suas motivações e objetivos.

O terceiro capítulo desenvolve a solução apresentada para otimização de rotas, descrevendo o problema, apresentando o VRP (*vehicle Routing Problem*). Neste capítulo é apresentado também o VRP Spreadsheet Solver, que foi o *software* escolhido para resolução do problema proposto, é também apresentada a comparação entre a realidade vivida atualmente e o novo cenário proposto com a otimização de rotas.

No quarto capítulo é abordada a análise e especificação de requisitos, desenvolvendo a metodologia utilizada assim como os diagramas de caso de uso do sistema.

No quinto capítulo é abordada a conceção, apresentando a arquitetura proposta, o diagrama de classes e vários mockups da aplicação.

No sexto capítulo, efetua a análise da implementação, mostrando as tecnologias e linguagens usadas.

O capítulo sétimo mostra o interface da aplicação e uma breve descrição das suas principais páginas e funcionalidades.

Por último no oitavo capítulo, são apresentadas as considerações finais e as conclusões, referentes ao trabalho desenvolvido.

2 Caracterização do planeamento da atividade de manutenção de subestações no grupo EDP

Neste capítulo apresento a atividade de manutenção das subestações, apresentando o respetivo departamento e empresa.

2.1 Estrutura do grupo EDP

A Energias de Portugal (EDP; antiga denominação Eletricidade de Portugal) é uma *utility*² verticalmente integrada. É o maior produtor, distribuidor e comercializador de eletricidade em Portugal, a terceira maior empresa de produção de eletricidade na Península Ibérica e um dos maiores distribuidores de gás na Península Ibérica.

A EDP é também um dos maiores operadores mundiais de energia eólica, com parques eólicos na Península Ibérica, Estados Unidos da América, Canadá, Brasil, França, Bélgica, Itália, Polónia e Roménia. A EDP tem hoje uma presença relevante no panorama energético mundial, estando presente em 14 países, contando com cerca de 9.7 milhões de clientes de energia elétrica, 1.4 milhões de clientes de gás e cerca de 12 mil colaboradores em todo o mundo (edp 2015).

2.1.1 EDP Distribuição

A EDP Distribuição é a empresa do Grupo EDP que opera em Portugal na atividade de distribuição de eletricidade. A atividade da EDP Distribuição é regulada pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), que define as tarifas, parâmetros e preços para a energia elétrica e outros serviços em Portugal e controla o cumprimento dos níveis de qualidade de serviço exigidos pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG).

2.1.2 Direção de Manutenção (DMN)

A direção de manutenção é um departamento da EDP Distribuição e tem como missão planear, executar e controlar o programa de manutenção de ativos assegurando o seu melhor funcionamento.

²Utility – é uma empresa do sector de produção, transporte, distribuição e comercialização de energia e água, cujos bens são essenciais e devem ser disponibilizados a todas as pessoas

2.1.3 Departamento de Manutenção de Subestações (MNSE)

O departamento de manutenção é responsável por executar as ações de manutenção preventiva sistemática (MPS) e manutenção preventiva condicionada (MPC), das subestações e postos de corte, da sua área de intervenção. Deve também executar as ações de manutenção corretiva (MC), avaliar as condições dos ativos e registar os danos ocorridos. Este departamento está integrado na direção de manutenção. Em Portugal Continental existem três departamentos de manutenção de subestações, esses três departamentos estão, por sua vez, divididos em pólos, como se pode verificar na figura 1.

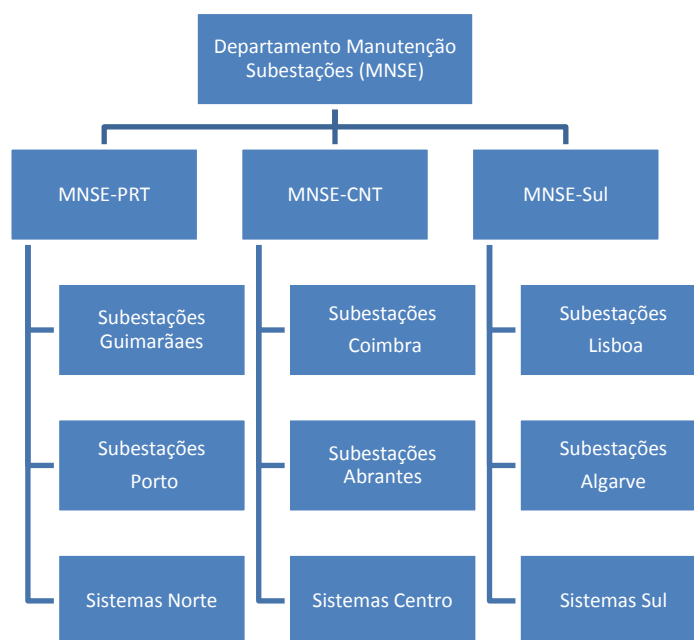


Figura 1 - Organograma do Departamento de Manutenção de Subestações

2.1.3.1 Subestação AT/MT (projeto tipo)

A conceção geral de um projeto tipo de subestações AT/MT é regido pela satisfação simultânea de três princípios básicos: segurança geral das pessoas e bens, simplificação e padronização da construção e facilidade de condução e manutenção (EDP Distribuição 2007).

A elaboração do projeto tipo de subestações AT/MT teve em consideração a regulamentação de segurança em vigor, nomeadamente o “Regulamento de Segurança de Subestações e de Postos de Transformação e de Seccionamento” publicado pelo DL n.º 42 895, de 31 de Março de 1960 e respetivas alterações e as Diretivas Europeias transpostas para o enquadramento legal nacional pelo DL n.º 441/91 de 14 de Novembro e DL n.º 155/95 de 1 de Julho, regulamentada pela Portaria n.º 101/96 de 3 de Abril.

A subestação tipo AT/MT é uma instalação mista, com aparelhagem de montagem exterior, instalada no parque exterior de aparelhagem, e de montagem interior, instalada no edifício de comando.

No parque exterior de Aparelhagem estão também instalados os equipamentos complementares de média tensão (MT), tais como os escalões das baterias de condensadores, os transformadores de serviços auxiliares e as impedâncias limitadoras da corrente de defeito à terra.

O edifício de comando é constituído por uma sala ampla onde fica instalado o equipamento principal de MT, o quadro metálico blindado e os sistemas de alimentação e de comando e controlo, estes últimos integrados em armários próprios para o efeito.



Figura 2 - Subestação Tipo

O quadro metálico de MT (QMMT) é do tipo blindado, estando os equipamentos de MT e BT dispostos no interior de compartimentos distintos e completamente fechados, em todas as suas faces, por divisórias metálicas.

O sistema de proteção, comando e controlo de tecnologia digital, é constituído por unidades de painel e uma unidade central, interligadas por uma rede de comunicação local em fibra ótica, e é concebido de forma a permitir o funcionamento da subestação em regime não assistido por pessoal operador.

Este sistema assegura o comando e a supervisão da subestação, no local e à distância, através das funções de proteção, automatismo e encravamento definidas para cada painel.

A alimentação dos serviços auxiliares de corrente alternada da subestação é assegurada por um transformador de serviços auxiliares MT/BT, ligado a cada barramento de MT.

No Edifício de Comando são adotadas medidas construtivas, que permitirão um nível de isolamento térmico de modo a garantir uma temperatura média interior entre 15 °C a 25 °C. Para melhorar o comportamento da temperatura é instalado um equipamento de ar condicionado.

2.1.3.2 Metodologia para hierarquização de SE/PCS

A metodologia de hierarquização das SE/PCS classifica as SE/PCS com criticidade / importância superior, permitindo dessa forma selecionar as SE/PCS que devam ser objeto de determinados programas específicos de manutenção e/ou que devam ser objeto de estratégias e critérios de manutenção diferenciados (EDP Distribuição - DMN MNPC 2015).

A atual metodologia para hierarquização de SE/PCS consiste na valorização de um conjunto de parâmetros que, após a respetiva ponderação, permite determinar o índice de criticidade (Ic) para cada SE/PCS e o seu consequente enquadramento num dos três (3) escalões (A, B, C) existentes.

Os parâmetros considerados para a fórmula de cálculo são os seguintes:

- Energia Transformada: contabiliza a importância das SE/PCS tendo em conta que a manutenção preventiva deverá incidir prioritariamente sobre aquelas cuja falha origina um maior valor de energia não distribuída;
- Energia em Trânsito: contabiliza a importância de uma determinada SE/PCS relativamente à rede em que está inserida;
- Reserva: avalia a capacidade de manter o fornecimento de energia com as SE/PCS ou seus equipamentos fora de serviço; consideram-se três tipos de Reserva: AT, MT e de transformação;
- Importância dos Clientes: quantifica a prioridade a dar à manutenção das SE/PCS das quais depende a alimentação de clientes importantes;
- Poluição: quantifica a prioridade a dar à manutenção das SE/PCS mais expostas à poluição do tipo salina ou química.

A importância da SE/PCS é determinada através do cálculo de um índice que se designou por Índice Crítico (Ic).

A cada parâmetro considerado para cálculo do índice crítico da instalação atribui-se um fator de ponderação (F.P.), conforme o disposto na tabela seguinte:

Tabela 1- Fatores de Ponderação

	Energia Transformada	Energia em Trânsito	Importância dos Clientes	Reserva AT	Reserva MT	Reserva TP	Poluição	TOTAL
F.P. (%)	20	20	20	10	10	10	10	100

O Índice Crítico é o somatório dos valores unitários de cada parâmetro, multiplicados pelos fatores de ponderação respetivos.

Para os restantes parâmetros o valor unitário obtém-se de acordo com o disposto na seguinte tabela:

Tabela 2 - Parâmetros para cálculo do Índice Crítico

Importância dos Clientes	($\underline{S}^3 > 40$ pontos) – 1; ($20 < \underline{S} \leq 40$ pontos) – 0,5; ($\underline{S} \leq 20$ pontos) – 0,1
Reserva AT	Não tem – 1; Parcial – 0,5; Total – 0
Reserva MT	Não tem – 1; Parcial – 0,5; Total – 0
Reserva TP	Com reserva – 1; Sem reserva – 0
Poluição	Muito forte – 1; Forte – 0,6; Ligeiro – 0,3

Exemplo de cálculo para três instalações:

Tabela 3 – Parâmetros para cálculo do Ic de três instalações

	Energia Transformada (GWh/Ano)	Energia em Trânsito (GWh/Ano)	Importância dos Clientes (\underline{S})	Reserva AT (ver tabela)	Reserva MT (ver tabela)	Reserva TP (ver tabela)	Poluição (ver tabela)	TOTAL
F.P.	20	20	20	10	10	10	10	100
1	222	300	1	0	0	0	0	57,1
2	172	200	0,5	0	0	0	0	36,9
3	150	350	0,1	0	0	0	0	35,5

$$Ic1 = \frac{222}{222} \times 20 + \frac{300}{350} \times 20 + 1 \times 20 + 0 \times 10 + 0 \times 10 + 0 \times 10 + 0 \times 10 = 57,1$$

³ S - somatório das classificações das linhas de MT (cada linha de MT pode ter 6, 3 ou 1 ponto de acordo com a classificação apresentada no Manual de Manutenção de Linhas AT e MT)

$$Ic2 = \frac{172}{222} \times 20 + \frac{200}{350} \times 20 + 0,5 \times 20 + 0 \times 10 + 0 \times 10 + 0 \times 10 + 0 \times 10 = 36,9$$

$$Ic3 = \frac{150}{222} \times 20 + \frac{350}{350} \times 20 + 0,1 \times 20 + 0 \times 0,10 + 0 \times 0,10 + 0 \times 0,10 + 0 \times 0,10 = 35,5$$

As SE/PCS classificam-se conforme o número de pontos que tenham obtido em três intervalos iguais (A, B e C) correspondendo cada intervalo a 1/3 das Instalações, no caso anteriormente apresentado teríamos:

1. Classificada como (C)
2. Classificada como (B)
3. Classificada como (A)

2.1.3.3 Plano de Manutenção

O plano de manutenção é efetuado pelo departamento de manutenção e tem como objetivo o de atribuir as tarefas de manutenção. Este plano coordena ainda o conhecimento dos colaboradores, trabalho e disponibilidade dos equipamentos, materiais e ferramentas, dados e histórico dos equipamentos (EDP Distribuição - DMN MNPC 2015).

O plano de manutenção divide-se em dois tipos: o plano de manutenção a instalações e o plano de manutenção a equipamentos.

O plano de manutenção a instalações tem por objetivo a observação do estado da SE/PCS e equipamentos sem recurso a qualquer meio especial, sendo feita com periodicidade trimestral, como podemos verificar na tabela 4.

Tabela 4 - Critério de periodicidade dos planos de manutenção das instalações

Ação	Critérios/Periodicidades			Documentos de Suporte
	Nível da Instalação			
	A	B	C	
SE/PCS - Inspeção Visual	MPS - 3 Meses			FI – 01 (Anexo II)

Para as tarefas deste tipo, será apresentada uma proposta de otimização de rotas para conferir maior eficiência às equipas, esta otimização será tratada no capítulo 3 deste relatório.

O plano de manutenção a equipamentos refere-se às tarefas de MPS referentes a cada tipo de equipamento. No âmbito deste projeto iremos tratar as tarefas referentes a transformadores de potência e disjuntores. Em relação aos transformadores de potência o

plano de manutenção abrange a revisão normal e a revisão ao comutador em carga. A revisão normal inclui as verificações que constam da ação de inspeção visual (no que respeita aos TP), o ensaio das proteções próprias do TP, o ensaio dos disparos associados ao TP e verificações do funcionamento do comando do comutador de tensão em carga. Já a revisão ao comutador de tensão em carga compreende a retirada e revisão/beneficiação do ruptor do mesmo, e a revisão/beneficiação do compartimento do comutador de tensão em carga e posteriores ensaios finais de funcionamento. No que diz respeito às tarefas referentes aos disjuntores estas abrangem a revisão normal, revisão completa e desgaseificação para disjuntores com comando óleo-pneumático. A revisão normal inclui as verificações que constam da ação inspeção visual (no que respeita a disjuntores), a revisão normal do disjuntor (sem abertura de pólos) e do respetivo comando e testes de funcionamento com verificação de tempos de operação e simultaneidade e com medição das resistências de contacto. A revisão completa inclui a revisão normal do disjuntor e a abertura/inspeção/beneficiação dos pólos. No que diz respeito a desgaseificação dos disjuntores com comando óleo pneumático esta contempla a desgaseificação do comando óleo-pneumático e a manutenção do comando.

Tabela 5 - Periodicidades dos planos de manutenção de equipamentos

Ação	CrITÉrios/Periodicidades		
	NÍvel da Instalação		
	A	B	C
Transformador de Potência - Ensaio / Revisão Normal	MPS – 1 Ano	MPS – 2 Anos	MPS – 3 Anos
Transformador de Potência - Revisão do Comutador de Tensão em Carga	MPS - 5 Anos		
Disjuntor AT / MT – Revisão Normal	MPS – 3 Anos	MPS – 4 Anos	MPS – 5 Anos
Disjuntor AT / MT PVO - Revisão Completa	MPS – 6 Anos	MPS – 8 Anos	MPS – 10 Anos
Disjuntor AT PVO com Comando Óleo-Pneumático - Desgaseificação	MPS - 1 Ano		

2.1.3.4 Fichas de Manutenção

As fichas de manutenção têm como objetivo listar os pontos a verificar numa determinada ação de manutenção (EDP Distribuição - DMN MNPC 2015). Especificam, portanto, todas as verificações e trabalhos a realizar no âmbito de uma determinada ação de manutenção.

Nestas fichas os itens são classificados do seguinte modo:

- N – Normal sem intervenção;
- NI – Normal após intervenção;
- IC – Intervenção complementar necessária.

As anomalias detetadas aquando da realização das intervenções deverão, sempre que possível, ser solucionadas no momento. Nas fichas associadas às revisões/beneficiações de equipamentos todos os itens serão N ou NI.

Na sequência do exposto anteriores, resulta que as fichas de manutenção associadas ao plano de manutenção das subestações e postos de corte ou seccionamento são as seguintes:

Tabela 6 - Fichas de revisão

Designação	Referência
Inspeção - Visual Subestações e Postos de Corte ou Seccionamento	FI – 01
Ensaio – Disjuntores	FE - 01
Revisão – Transformadores de Potência	FR – 01
Revisão – Disjuntores PVO com Comando Óleo-Pneumático	FR – 02
Revisão – Disjuntores PVO com Comando Mecânico	FR – 03
Revisão – Disjuntores SF6	FR – 04
Revisão – Disjuntores Vácuo	FR – 05
Revisão – Disjuntores Ar Comprimido	FR – 06

O exemplo das fichas referidas na tabela anterior encontra-se no anexo I

2.2 Enquadramento do problema

O MNSE-CNT é o departamento de manutenção que, como vimos anteriormente, se dedica, entre outras atividades, à execução de manutenção de equipamentos elétricos na zona centro do país. Sendo esta a atividade de maior relevância também requer uma atenção especial. O departamento está dividido em duas áreas (Energia e Sistemas) sendo que o presente projeto recai sobre a área de energia, que é responsável pela manutenção das instalações e dos equipamentos AT e MT (transformadores de potência e disjuntores). A área de energia dispõe de seis equipas, quatro das quais estão diretamente ligadas a MPS. É justamente sobre as tarefas de MPS que recai o projeto.

O departamento de energia tem um volume de trabalho em MPS que se divide em tarefas que são agrupadas em dois grandes grupos:

1. MPS a Instalações
 - a. Inspeções Visuais
2. MPS a Equipamentos
 - a. Revisão a Transformadores de potência
 - b. Revisões a Disjuntores AT/MT

Estas tarefas são realizadas por quatro equipas e são distribuídas pelo ano civil.

As tarefas referidas anteriormente são conhecidas antecipadamente e extraídas de SAP. Estas tarefas têm definida já a sua data de execução, mas essas datas não são exequíveis, por vários motivos dos quais destaco:

1. A distribuição pelo ano é feita de forma aleatória, não respeitando a disponibilidade de mão-de-obra existente.
2. Não tem em atenção os dias úteis do mês para distribuição das tarefas, sendo este também desadequado em termos de volume mensal.
3. Não tem em atenção as condições para execução dos trabalhos entre as quais o clima.

Após o conhecimento da carga de trabalho vamos passar à programação dessas tarefas, dividindo-as e tratando as mesmas em dois grupos:

1. MPS a Instalações (Inspeções Visuais)
 - Em relação a estas tarefas não há qualquer estratégia de agendamento, sendo as mesmas programadas consoante a disponibilidade dos colaboradores, a opção deste projeto passa por adotar o planeamento de rotas de viagem, otimizando as deslocações e evitando viagens desnecessárias e gastos associados às mesmas (ex. gasóleo, portagens, desgaste viaturas, ...)
2. MPS a Equipamentos (Revisões a disjuntores e Transformadores de Potência)
 - O seu agendamento, assim como o acompanhamento da realização, será efetuado na aplicação a criar, de forma a planear e controlar a execução e o cumprimento do plano de MPS anual.

3 Otimização de Rotas

A realização de atividades de manutenção em subestações do MNSE CNTCBR é efetuada em instalações que se encontram dispersas pela zona centro do país. Esta dispersão implica um grande número de quilómetros percorridos diariamente pelas equipas operacionais.

No ano de 2014 foram percorridos pelas quatro equipas de manutenção afetas à MPS um total de 238047 km. A tendência para este ano é de um agravamento deste valor, atendendo ao fato de já terem sido efetuados 128988 km pelas quatro equipas e apenas durante o primeiro semestre do corrente ano.

As tarefas de manutenção são divididas em dois grandes grupos, manutenção a instalações e a manutenção a equipamentos, como já foi referido anteriormente. No que diz respeito à manutenção das instalações é efetuada uma visita a cada três meses, o que implica quatro deslocações anualmente a cada instalação. Em 2014 as tarefas de manutenção a instalações corresponderam a 60% do total de tarefas de manutenção desse ano. De referir ainda que as restantes tarefas de manutenção não implicam deslocações com a mesma frequência, pois são tarefas com periodicidade anual.

Pelo descrito anteriormente, pretende-se a otimização de quatro rotas, uma por equipa, cobrindo a realização de tarefas trimestrais de manutenção às instalações, minimizando o número de quilómetros percorridos, com reflexo no tempo despendido com este tipo de tarefas.

3.1 Descrição do Problema

Como referido no ponto anterior, o MNSE CNTCBR depara-se com um problema relacionado com o elevado número de quilómetros percorridos pelas suas equipas de manutenção. Este problema, para além dos valores monetários (gasóleo, desgaste de viaturas, portagens, etc...) que acarreta para a empresa, tem também influência na fadiga e cansaço dos colaboradores.

Sendo elevado o risco na realização da atividade de manutenção de subestações, nomeadamente o risco elétrico, o elevado número de horas de condução leva também a um aumento do risco de acidentes de trabalho e condiciona a obtenção de um bom desempenho, por parte do operador.

Neste momento o MNSE CNTCBR não tem qualquer tipo de ferramenta que permita efetuar uma otimização dos percursos ou estratégia para redução do número de quilómetros,

pelo que se pretende dotar a organização de uma solução otimizada de rotas, através da resolução de um problema de rotas de veículos (*Vehicle Routing Problem* (VRP)). Pretende-se desta forma reduzir o número de quilómetros percorridos, com impacto numa redução dos custos associados, assim como uma redução do número de horas ao volante, efetuadas pelos colaboradores, ficando estes mais disponíveis para efetuar as tarefas de manutenção.

3.2 Vehicle Routing Problems (VRP)

O VRP é um problema central na área dos transportes, distribuição e logística, sendo utilizado num variado número de aplicações, nomeadamente na distribuição de mercadorias, no transporte de doentes, na recolha de resíduos, entre outros (Dantzing & Ramser 1959).

O VRP é um problema complexo e podemos dizer que passa pela junção de dois tipos de problemas: o *Bin Packing Problem* (BPP), que consiste na determinação de um agrupamento de embalagens de forma que a soma das embalagens dentro de cada grupo não ultrapasse um valor limite previamente estabelecido, e o *Traveling Salesman Problem* (TSP) que consiste em encontrar um ciclo Hamiltoniano entre todos os clientes de custo mínimo, isto é, um caminho mais curto que abranja todos os clientes, saindo e regressando ao local inicial. O VRP pode ser abordado através de modelos exatos ou através de algoritmos aproximativos. Os modelos exatos recorrem a formulações matemáticas e técnicas exatas de resolução dessas formulações. Os algoritmos aproximativos recorrem a métodos heurísticos e metaheurísticos para determinações de soluções satisfatórias para o problema, sem a garantia de otimalidade. Ambas as abordagens incluem um vasto número de publicações científicas, donde destacamos: (Baldacci et al. 2012) para modelos exatos; e (Cordeau et al. 2002)(Pisinger & Ropke 2007a) para algoritmos aproximativos.

O VRP, apesar do seu enunciado relativamente simples, apresenta elevada complexidade computacional, pelo que é interessante como problema no teste de diversas heurísticas.

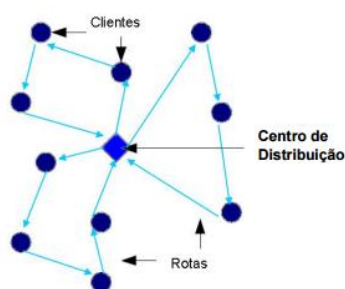


Figura 3 - Exemplo de rotas de veículos com um centro de distribuição

Na literatura científica, Dantzig e Ramser foram os primeiros autores a formular o VRP, em 1959, quando estudaram a aplicação real na distribuição de gasolina para estações de venda de combustíveis (G.B. Dantzing and J. H. Ramser 1959).

Posteriormente surgiram diversas variantes deste problema central, entre as quais destacamos o VRP com capacidades nos veículos (CVRP). O CVRP é uma das versões com maior atenção da literatura, sendo caracterizado, em termos gerais, por uma frota homogénia, um conjunto de clientes com uma procura conhecida e um único armazém. Nesta versão, cada rota começa e acaba no armazém, cada cliente é visitado uma única vez e a soma da procura dos vários clientes de uma determinada rota não pode exceder a capacidade do veículo que efetua essa rota.

Uma outra versão do problema de rotas de veículos com grande destaque é o VRP com janelas de tempo (VRPTW). Este problema acrescenta ao anterior um novo conjunto de condições que obrigam a que a visita a cada cliente respeite uma pré definida janela de tempo. Se chegar antes do limite inferior da janela terá de aguardar; e a hora de saída do cliente terá de ser sempre igual ou inferior ao limite superior da janela.

Por último surge, também com alguma regularidade, o VRP com várias origens para a realização das rotas (MDVRP). Neste problema os veículos começam as suas rotas de locais distintos (vários armazéns) retornando a esses mesmos locais. Esta versão pode ser vista como uma partição de clientes, com rotas servidas por cada um dos armazéns considerados. O objetivo deste problema é, novamente, determinar o conjunto de rotas com custo total mínimo, sujeito às restrições que caracterizam o problema.

3.2.1 A importância do VRP

O problema de VRP tem sido alvo de grande atenção pela comunidade de Investigação Operacional e de Ciência da Computação. Essa atenção tem sido movida pela enorme aplicabilidade do problema em muitas situações da vida real e pela complexidade que encerra.

Entre as numerosas aplicações descritas na literatura destaca-se o trabalho de (Tarantilis & Kiranoudis 2002), que analisaram a forma de otimizar a distribuição de carne fresca. Ainda neste setor, referimos também o trabalho de (Pereira, 2014) envolvendo a recolha de leite dos produtores para as unidades de transformação, numa aplicação desenvolvida na empresa Lacticoop.

Uma outra aplicação de destaque foi desenvolvida em Amponsah e Salhi (Amponsah & Salhi 2004) abordando a recolha e gestão de desperdícios.

Problemas relacionados com emergências em larga escala foram estudados em (Shen & Ord 2007), envolvendo desastres naturais e ataques terroristas. Um dos fatores mais sensíveis neste tipo passa pela necessidade de abastecimento urgente de medicamentos às populações.

3.3 VRP Spreadsheet Solver

O VRP Spreadsheet Solver é um *software* livre e *open source* para resolver, e visualizar os resultados de Problemas de Rotas de Veículos.

Este *software* junta excel, informações geográficas públicas e técnicas heurísticas, permitindo resolver o VRP com, no máximo, 200 clientes (Erdoğan 2013).

3.3.1 Estrutura do ficheiro

VRP Spreadsheet Solver adota um fluxo elementar de informação, com subconjuntos de dados que são mantidos em folhas separadas, como representado na Figura 4. Inicialmente, a pasta de trabalho contém apenas a folha de cálculo chamada VRP Solver consola. As restantes folhas de cálculo são geradas na sequência indicada pelos seus índices. Os nomes das folhas são codificados dentro do código. Todas as referências de célula são absolutos, pelo que não é aconselhado inserir ou excluir células (ou colunas ou linhas) nas folhas. Se uma folha é modificada, em seguida, as folhas com um índice maior necessitam de ser novamente geradas, e as informações anteriores serão permanentemente substituídas.

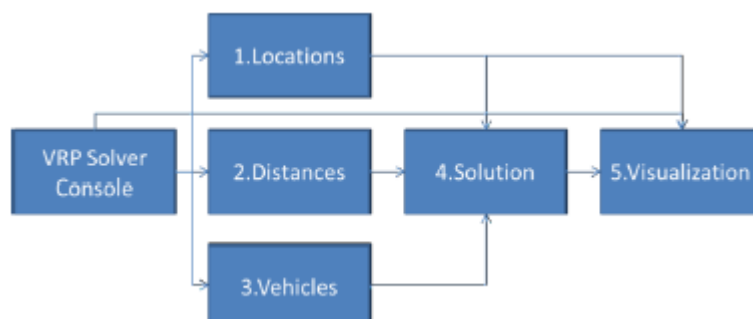


Figura 4 - Fluxo de informação do VRP Solver

3.3.2 Solução algorítmica

O VRP Spreadsheet Solver utiliza uma variante do algoritmo de Large Neighborhood Search - LNS (Shaw 1998) (Pisinger & Ropke 2007).

Röpke e Pisinger (2004) desenvolveram uma heurística baseada nas técnicas Variable Neighborhood Search - VNS (Hansen & Mladenovic 2003) e Large Neighborhood Search - LNS (Shaw 1998)

O LNS é um algoritmo de pesquisa local baseado em duas ideias para definir e explorar estruturas de vizinhança de alta complexidade:

- A primeira ideia é fixar uma parte da solução e assim delimitar o espaço de soluções.
- A segunda consiste em realizar a busca por meio de programação por restrições, programação inteira, técnicas *branch-and-cut*, entre outras.

Usando uma técnica alternativa, (Montané & Galvão 2006) utilizaram a metaheurística “*Pesquisa Tabu*” considerando quatro tipos de estruturas de vizinhança. Essas estruturas utilizam os movimentos de realocação, troca e *crossover*. Para gerar uma solução vizinha foram desenvolvidas duas estratégias, sendo que uma considera o primeiro movimento viável e a outra o melhor movimento viável.

3.3.3 Caso Prático

Como referido no capítulo 2.2, vamos efetuar a otimização de rotas para realização das inspeções visuais (MPS instalações). Estas tarefas são realizadas a cada três meses.

Antes de efetuar a parametrização da ferramenta informática, devemos referir que os veículos referidos correspondem às equipas de trabalho e o depósito deve ser entendido como a sede do MNSE CNTCBR. Temos ainda as instalações que na ferramenta informática aparecem designadas como clientes.

3.3.3.1 Parametrização Consola

Para efetuar a otimização das rotas, como referido anteriormente, vamos utilizar o VRP Spreadsheet Solver, para a parametrização da ferramenta foram introduzidos os seguintes parâmetros na consola:

Tabela 7 - Consola VRP SpreadSheet

1.Locations	Número de clientes	108
	Pickup / Delivery?	Pickup
2.Distances	Distance / duration computation	Bing Maps
	Bing Maps route type	Fastest
	Average vehicle speed	90
3.Vehicles	Número de tipos de veículos	1
4.Solution	Todos os veículos devem ser usados?	Yes
	Os veículos devem retornar ao depósito ?	Yes
	Tipo de janela de tempo	Hard
5.Optional – Visualization	Visualization background	Bing Maps
	Location labels	Location IDs
6.Solver	Warm start?	Yes
	CPU time limit (seconds)	60
	LNS minimum removal rate	10%
	LNS maximum removal rate	40%
	LNS candidate list size	2
	Random number seed	123456789

De entre os dados inseridos realçamos:

- N° de instalações – 108
- Velocidade média dos veículos – 90 km/h
- N° de tipos de veículos – 1 (na folha de veículos será colocado o n° de veículos)
- Todos os veículos devem ser usados? – sim
- Os veículos devem retornar ao depósito? – sim

Além destes parâmetros, também será colocada a duração da paragem em cada instalação assim como se a instalação deve ou não ser visitada.

3.3.3.2 Parametrização das instalações

Carregada a informação inicial na consola, foram introduzidas as instalações (clientes) com as respetivas coordenadas e a informação sobre a obrigatoriedade ou não da instalação ser visitada. Por último, foi também introduzida a duração da paragem em cada instalação (esta informação foi carregada para as 108 instalações), tal como descrito na tabela 8.

Tabela 8 - VRP Solver (Parametrização das Instalações)

Location ID	Name	Latitude (y)	Longitude (x)	Must be visited?	Service time
0	Sede	40,192161	-8,400915	Starting location	0:00
1	AGUIEIRA	40,336522	-8,197014	Must be visited	2:30
2	ALEGRIA	40,204497	-8,425102	Must be visited	2:30
3	ALFARELOS	40,155053	-8,638316	Must be visited	2:30
4	ALTO DE SÃO JOÃO	40,193228	-8,401211	Must be visited	2:30
5	ANTANHOL	40,179479	-8,464108	Must be visited	2:30
...
108	VENDA NOVA	39,636345	-8,375069	Must be visited	2:30

3.3.3.3 Gerar distâncias

O próximo passo foi o de gerar todas as distâncias (de cada instalação as restantes), como podemos ver na próxima tabela, que mostra parte da folha gerada. Estas distâncias foram calculadas automaticamente, pelo *software*, que para o efeito usa o Bing Maps⁴.

Tabela 9 - VRP Solver (extrato da tabela de distâncias)

From	To	Distance	Duration
Sede	Sede	0,00	0:00
Sede	AGUIEIRA	33,82	0:40
Sede	ALEGRIA	3,45	0:08
Sede	ALFARELOS	30,33	0:38
Sede	ALTO DE SÃO JOÃO	0,31	0:01
...
BELMONTE	GALA	212,59	3:15
BELMONTE	LOUSÃ	153,37	2:32
...
VENDA NOVA	SÃO JORGE	52,39	0:40
VENDA NOVA	SICÓ	52,39	1:10
VENDA NOVA	SANTA CITA	11,84	0:18
VENDA NOVA	VENDA NOVA	0,00	0:00

⁴ Bing Maps – Sistema desenvolvido pela Microsoft para visualização interativa de mapas e imagens de satélite

3.3.3.4 Número de veículos e custos associados

De seguida foi introduzido o nº de veículos. Foram colocados quatro veículos (Number available – 4), todos do mesmo tipo, correspondendo cada veículo a uma equipa. Podem ainda nesta folha ser colocados os custos fixos e custos por unidade de distância. Neste caso optou-se por não considerar estes parâmetros. Esta parametrização está descrita na tabela 10.

Tabela 10 - VRP Solver (Carregamento do nº de veículos)

Vehicle type ID	Type name	Capacity	Fixed cost per trip	Cost per unit distance	Number available
1	A	1	1,00	1,00	4

3.3.3.5 Solução

Por último, foi gerada a solução, indicando a utilização de quatro rotas, de acordo com o limite de equipas. Estas rotas vêm ilustradas na figura 5, sendo pormenorizadas nas Tabelas 18, 19, 20 e 21, no Anexo II.



Figura 5 - VRP Solver mapa com as rotas otimizadas

Para a rota A1 (equipa1), vamos ter:

- N° de instalações a visitar – 28; Distância percorrida – 618.01 km; N° de horas necessárias – 81h 21m

Para a rota A2 (equipa 2), vamos ter:

- N° de instalações a visitar – 26; Distância percorrida – 624.24 km; N° de horas necessárias – 77h 33m

Para a rota A3 (equipa 3), vamos ter:

- N° de instalações a visitar – 28; Distância percorrida – 433.52 km; N° de horas necessárias – 79h 29m

Para a rota A4 (equipa 4), vamos ter:

- N° de instalações a visitar – 26; Distância percorrida – 756,51 km; N° de horas necessárias – 78h 48

3.3.3.6 Resumo

Em resumo, verificamos que o n° de instalações a visitar em cada rota é idêntico para cada uma das rotas/equipas, assim como o tempo necessário para efetuar cada rota. Apenas se verifica na rota numero três um número de quilómetros inferior, porém o tempo total de cada rota é idêntico, sem variações significativas entre rotas. Estas observações surgem descritas na tabela 11, especificando os principais resultados para cada uma das rotas obtidas.

Tabela 11 - VRP Solver (resumo trimestral)

<i>Rotas</i>	N° instalações	Distância percorrida (km)	Horas necessárias (hh:mm)	Dias necessários (8h/dia)
<i>A1</i>	28	618.01	81:21	10
<i>A2</i>	26	624.24	77:33	10
<i>A3</i>	28	433.52	79:29	10
<i>A4</i>	26	756.51	78:48	10
<i>Totais</i>	108	2432.28	317:11	40

Sendo que esta tarefa se realiza de três em três meses, os totais anuais são os seguintes:

Tabela 12 - VRP Solver (resumo anual)

	Nº instalações	Distância percorrida (km)	Dias
<i>Totais (ano)</i>	108	$2\,432.28 * 4 = \mathbf{9\,729.12}$	$40 * 4 = \mathbf{160}$

3.3.4 Cenário

Nesta secção vamos efetuar a comparação entre os dados reais da atividade e os dados obtidos com a solução apresentada anteriormente (VRP Spreadsheet Solver).

Quilómetros reais realizados no ano de 2014:

Tabela 13 - Nº de quilómetros realizados em 2014

<i>Equipa</i>	Km
<i>Equipa 1</i>	54321
<i>Equipa 2</i>	62132
<i>Equipa 3</i>	52267
<i>Equipa 4</i>	69327
<i>Total</i>	238 047

Quilómetros reais realizados no primeiro semestre do ano de 2015:

Tabela 14 - N° de quilómetros realizados 1º sem de 2015

<i>Equipa</i>	Km
<i>Equipa 1</i>	27747
<i>Equipa 2</i>	34500
<i>Equipa 3</i>	31684
<i>Equipa 4</i>	35057
Total	128 988

Os resultados observados nas Tabelas 13 e 14 evidenciam uma clara tendência para o agravamento do número total de quilómetros percorrido anualmente.

Com base nos números de 2014, apresentados na tabela seguinte podemos concluir que as tarefas de MPS referentes a Inspeções Visuais, correspondem a 53% do total de tarefas realizadas no ano referido.

Tabela 15 - n° vs % de MPS (ano 2014)

Tarefa	N°	% total
<u>IV (Inspeção Visual)</u>	<u>432</u>	<u>53%</u>
DJ (Rev. Disjuntores)	240	30%
TP (Rev. Transformadores)	138	17%
Total	810	100%

A atividade do MNSE CNTCBR, não se resume a tarefas de MPS, sendo também efetuadas outras tarefas no âmbito da atividade operacional, nomeadamente, acompanhamento de PSE's, avarias entre outras. Pela experiência passada podemos afirmar que os quilómetros percorridos anualmente se dividem em partes iguais entre MPS e restantes atividades.

Pelo referido anteriormente podemos afirmar que dos 238 047 km percorridos em 2014, metade foram gastos a efetuar MPS's (119 023.5 km), destes 53% (63 082.5 km), foram gastos a efetuar as tarefas de Inspeção Visual.

3.3.4.1 Conclusões

Analisando os dados dos pontos anteriores, estamos pois em condições de efetuar uma comparação em termos de quilómetros percorridos, entre o real de 2014 e a opção pela otimização de rotas referida no início deste capítulo.

Tabela 16 - Comparação quilómetros

	Real (dados 2014)	VRP Solver	Diferença (valor)	Diferença (%)
<i>Nº km percorridos</i>	63 082.5	9 729.12	- 53 353.38	-85%

Com um consumo médio por viatura de 9litros/100km de gasóleo, teríamos uma redução em cerca de 4801.80 litros, tendo como referência o preço médio deste combustível (1.181€), facilmente verificamos que a poupança seria de 5 670.00€, caso se adotasse por esta nova estratégia de otimização de rotas.

Em termos de duração das tarefas e efetuando a comparação entre as duas realidades, temos:

Tabela 17 - Comparação duração tarefa IV

	Real (dados 2014) - 2 IV/dia	VRP Solver	Diferença (valor)	Diferença (%)
<i>Dias (1 trimestre)</i>	$108 / 2 = 54$	40	14	
<i>Total (anual)</i>	$54 * 4 = 216$	$40 * 4 = 160$	- 56	-26%

Podemos afirmar que temos uma redução de 56 dias por ano, o que corresponde a uma poupança superior ao valor gasto num trimestre. Com esta poupança teríamos as equipas com mais disponibilidade para efetuar outras tarefas.

Em resumo, com a adoção desta nova solução (rotas otimizadas), conseguimos uma maior disponibilidade das equipas e ainda uma redução significativa dos custos.

4 Análise e especificação de requisitos

A análise e especificação de requisitos, embora interdependentes devem ser executadas em conjunto e, determinarão o objetivo do sistema e todas as restrições associadas a ele.

A Análise é o processo que consiste na observação e levantamento dos elementos do ambiente onde o *software* será implantado. As pessoas que terão contato com o *software* devem ser identificadas, quer seja um contato operacional ou para o fornecimento de informações relevantes para o seu desenvolvimento.

Para além disso, devem ser verificadas todas as atividades que estão envolvidas no sistema, isto é, identificar as pessoas que as fazem, por que motivos fazem, e, se existem outras formas de as fazerem. Porém, esta verificação não pode esquecer os dados e informações que são criados por essas atividades.

A Especificação trata-se de uma descrição sistemática e abstrata daquilo que o *software* pode fazer a partir do que foi anteriormente analisado. Desta forma, apresenta a solução de como o *software* em desenvolvimento deve resolver os problemas levantados na análise. Em suma, designamos de especificação, a forma de comunicação direta entre o analista e a equipa de desenvolvimento do *software*.

4.1 Unified Modeling Language (UML)

UML é a sigla de *Unified Modelling Language*, que pode ser traduzido por Linguagem de Modelação Unificada.

A UML é uma linguagem que utiliza uma notação padrão para especificar, construir, visualizar e documentar sistemas de informação.

É uma linguagem caracterizada pela abrangência e simplicidade dos conceitos utilizados. A UML permite integrar os aspetos de natureza organizacionais, que constituem o negócio, e os elementos de natureza tecnológica, que irão constituir o sistema informático, ajudando a dominar a complexidade das regras de negócio e definir os processos e fluxos de informação. Tal como foi referido anteriormente, a UML facilita o desenvolvimento de um sistema de informação

Esta linguagem, foi aprovada em 1997, pela Object Management Group (OMG) e tem como principal objetivo fornecer uma linguagem padronizada para a modelação de sistemas (Arlow & Neustadt 2002).

4.2 Diagramas de casos de uso

Os use cases, ou traduzidos à letra “casos de uso”, constituem a técnica em UML para representar o levantamento de requisitos de determinado sistema. Desde sempre que o correto levantamento de requisitos no desenvolvimento de sistemas de informação tenta garantir que o sistema seja útil para o utilizador final, estando de acordo com as suas necessidades.

O requisito num sistema é uma funcionalidade ou característica considerada relevante na ótica do utilizador. Normalmente, representa o comportamento esperado do sistema, que na prática consiste num serviço que deve ser disponibilizado a um utilizador (Arisholm et al. 2006).

Para utilização do sistema foram definidos três tipos de utilizadores são eles:

- Administrador, que é responsável pela gestão de utilizadores, cria, lista e edita. É também responsável pela gestão e cadastro das instalações e equipamentos.
- *Controller*, que tem permissão de acesso a área de controlo da atividade assim como pode visualizar e editar conteúdos da mesma é também responsável pelo planeamento da atividade e de a verter para o plano semanal.
- Colaborador, que tem permissões de visualização/edição do plano semanal, listar equipamentos e instalações, criar e editar fichas de acompanhamento.

4.2.1 Diagrama de casos de uso do Sistema Geral

O diagrama de casos de uso da aplicação está concebido para dar uma perspetiva geral da aplicação, a opção de dividir em packages foi para facilitar a perceção da aplicação no seu todo. A aplicação terá então seis packages:

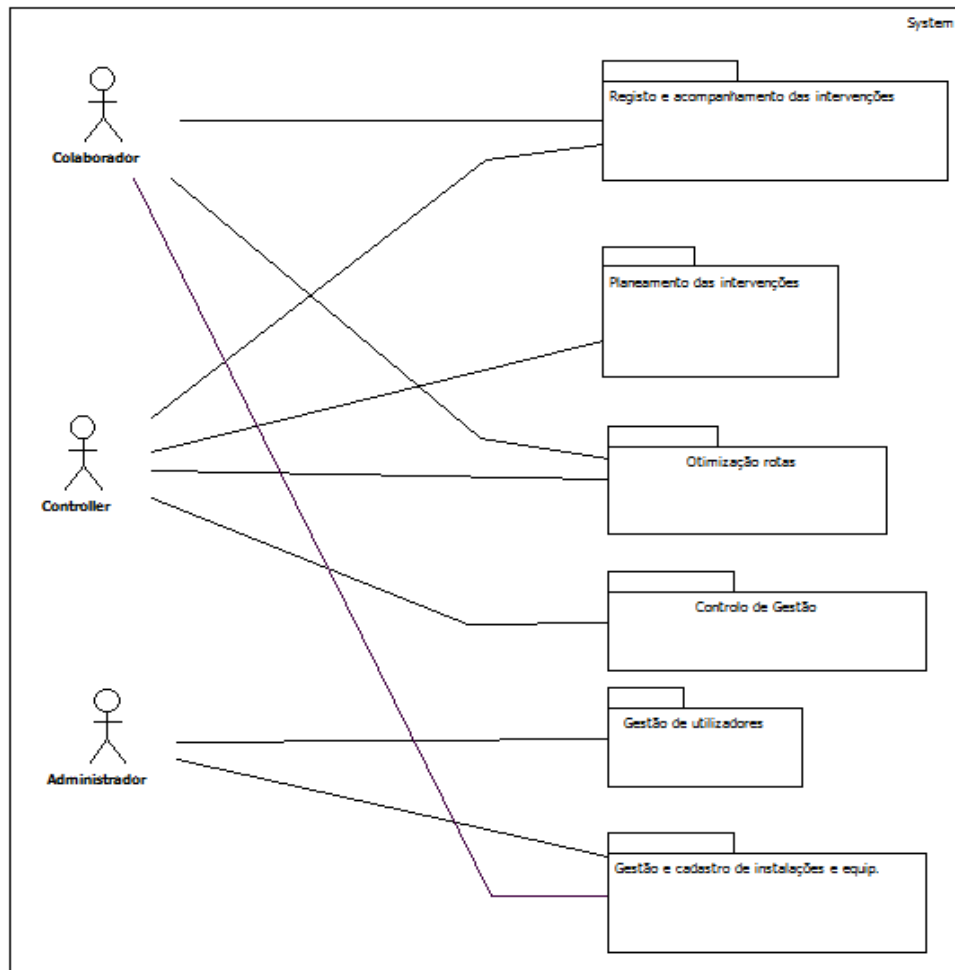


Figura 6 - Diagrama de casos de uso do Sistema

1. Registo e acompanhamento das intervenções
2. Planeamento das intervenções
3. Otimização de rotas
4. Controlo de Gestão
5. Gestão de utilizadores
6. Gestão de cadastro de instalações e equipamentos

Nas secções seguintes, estes packages serão tratados com mais pormenor.

4.2.2 Diagrama de casos de uso *packages* “Registo e Acompanhamento da Intervenções”

O *package* “Registo e Acompanhamento da Intervenções”, figura 7, tem como funcionalidades para o colaborador, editar e verificar plano semanal assim como criar e listar fichas de acompanhamento. O *controller* não tem permissão para criar fichas de acompanhamento.

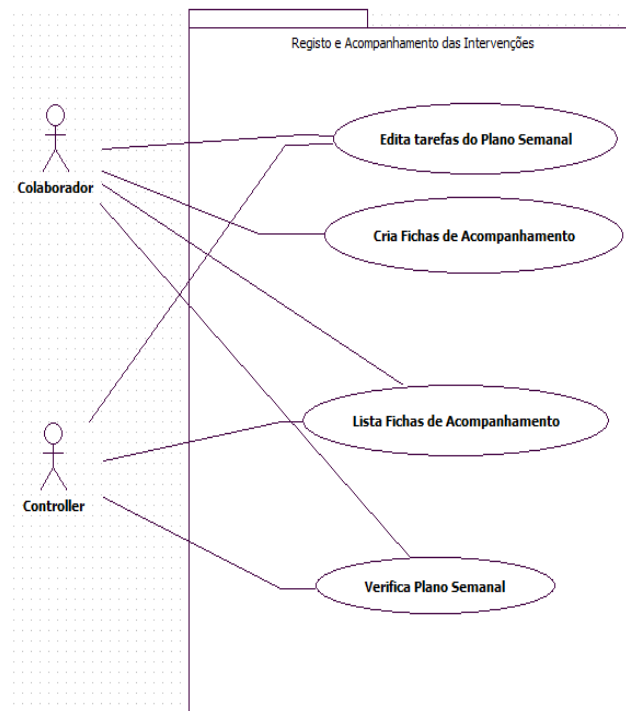


Figura 7 - Diagrama de casos de uso “Registo e acompanhamento das intervenções”

O colaborador poderá verificar o seu plano semanal, para que possa ter conhecimento das tarefas que tem agendadas. Pode, ainda, editar as tarefas atualizando alguns dados tais como: datas de início, fim e o estado. O colaborador pode também criar fichas de acompanhamento, para registar trabalhos não planeados e efetuar listagens das mesmas. O *controller*, tem acesso as mesmas funcionalidades do colaborador com uma única exceção, a de não poder criar fichas de acompanhamento.

4.2.3 Diagrama de casos de uso packages “Planeamento das intervenções”

Na figura 8, está representado o *package* “Planeamento das Intervenções”, neste *package* o único interveniente é o *controller*, que pode agendar tarefas do plano semanal, com o prévio carregamento da DB de tarefas de MPS para o respetivo ano. O *controller* tem também permissão para atualizar/reprogramar tarefas adiadas.

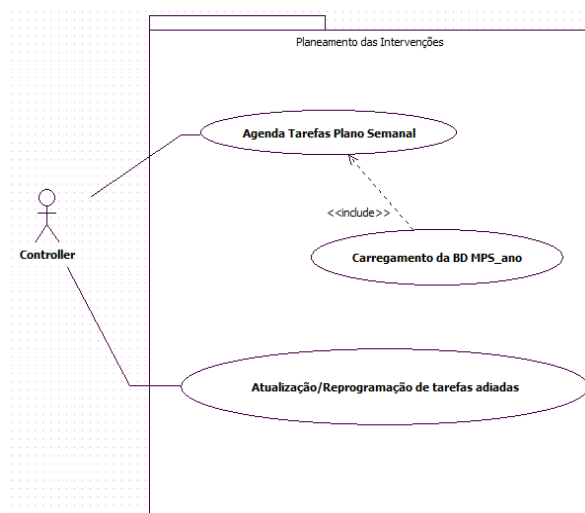


Figura 8 - Diagrama de casos de uso “Planeamento das intervenções”

4.2.4 Diagrama de casos de uso packages “Otimização de Rotas”

No package “Otimização de Rotas”, figura 9, são dois os intervenientes, o *controller* que carrega o ficheiro VRP Spreadsheet Solver previamente parametrizado e o colaborador que pode visualizar os dados das rotas, para esta última funcionalidade também são dados permissão ao *controller*.

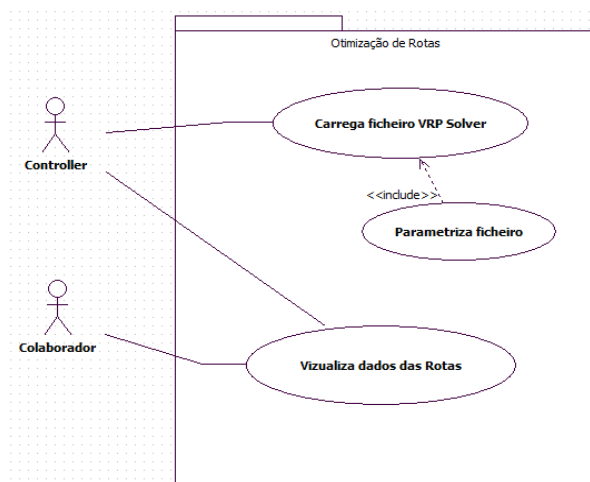


Figura 9 - Diagrama de casos de uso “otimização de rotas”

4.2.5 Diagrama de casos de uso *packages* “Controlo de Gestão”

Na figura 10, está representado o *package* “Controlo de Gestão”, que tem como único interveniente o *controller*, que efetua o controlo da realização MPS das fichas de acompanhamento e das tarefas pendentes, tem também permissão para gestão dos indicadores.

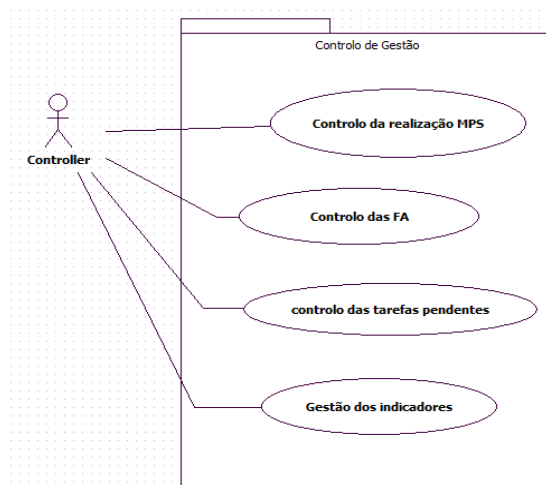


Figura 10 - Diagrama de casos de uso “Controlo de gestão”

4.2.6 Diagrama de casos de uso *packages* “Gestão de Utilizadores”

No *package* “Gestão de Utilizadores”, figura 11, o administrador tem permissão para criar, listar e editar utilizadores. O Administrador ao criar um utilizador terá de introduzir o primeiro e o último nome, o *username*, a *password* e o tipo de utilizador. Ao editar um utilizador, o administrador tem a possibilidade de alterar os dados desse utilizador. O administrador pode também listar todos os utilizadores da aplicação.

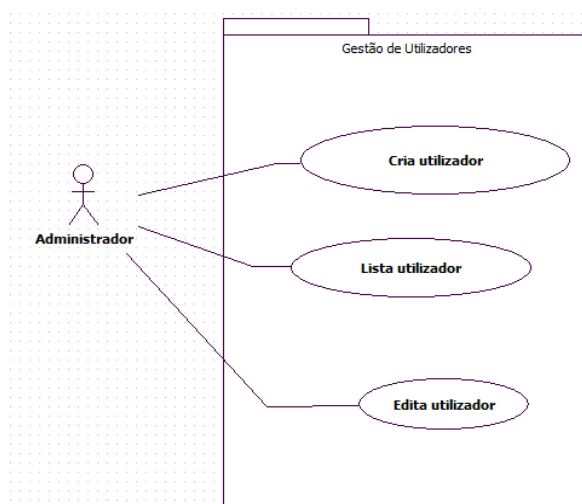


Figura 11 - Diagrama de casos de uso “Gestão utilizadores”

4.2.7 Diagrama de casos de uso *packages* “Gestão e Cadastro de equipamentos”

O diagrama de casos de uso do *package* “Gestão e Cadastro de equipamentos”, figura 12, permite verificar as funcionalidades do administrador e do colaborador. O administrador pode listar instalações e equipamentos, estas funcionalidades também são dadas ao colaborador. O carregamento da BD de instalações e da BD de equipamentos é efetuado pelo administrador.

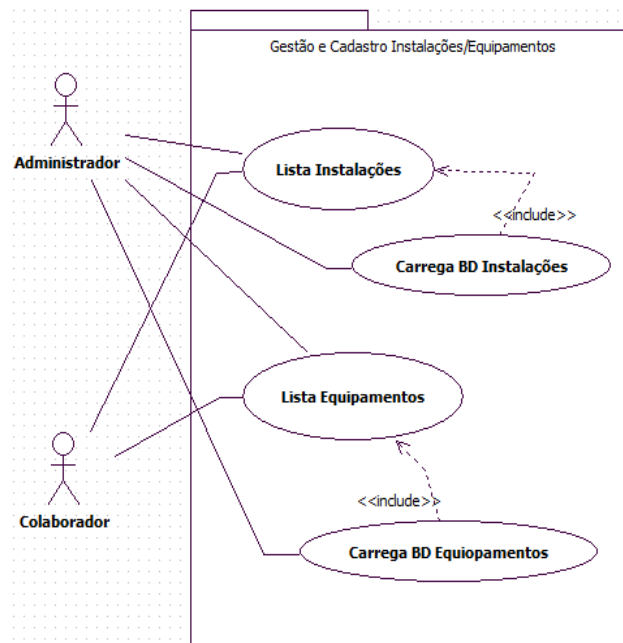


Figura 12 - Diagrama de casos de uso “Gestão e cadastro instalações/equipamentos”

5 Conceção

Neste capítulo apresenta-se a conceção da aplicação nomeadamente a arquitetura proposta, o diagrama de classes e os ecrãs propostos para a interface gráfica com o utilizador da aplicação.

5.1 Apresentação da arquitetura proposta

A arquitetura cliente-servidor foi a arquitetura escolhida para o desenvolvimento da plataforma, onde o processamento da informação é dividido em módulos ou processos distintos. Podemos dizer que um processo é responsável pela manutenção da informação (servidor) e outros responsáveis pela obtenção dos dados (os clientes).

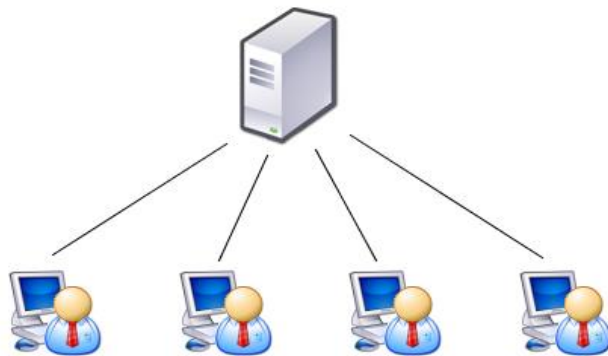


Figura 13 - tecnologia cliente/servidor

Os pedidos são enviados pelos processos clientes para o processo servidor que por sua vez processa e envia os resultados dos pedidos.

Os sistemas mais pesados da rede, nomeadamente, o banco de dados, ficam no servidor. Por sua vez, as máquinas clientes são menos poderosas, pois, não rodam aplicativos que requerem tantos recursos das máquinas.

O que realmente é importante numa máquina em arquitetura Cliente/Servidor é o facto de todas as máquinas poderem interligar-se pela rede, com o mesmo tipo de protocolo (TCP/IP, NetBEUI). O facto de todas as máquinas serem do mesmo fabricante ou do mesmo tipo não é relevante em arquitetura Cliente/Servidor.

5.2 Diagrama de classes

O diagrama de classes representado na figura 14 esquematiza a aplicação no seu todo, através deste podemos adquirir uma panorâmica geral da aplicação, verificando os relacionamentos e atributos das diferentes classes.

De acordo com o diagrama, o *controller* programa as tarefas de MPS, efetua a gestão dos indicadores e pode também consultar, editar e listar as fichas de acompanhamento. O colaborador necessita de solicitar permissão ao administrador que é o responsável por atribuir os acessos, depois de dada a permissão de acesso ao colaborador este pode consultar e editar as tarefas de MPS, consultar e editar as fichas de acompanhamento.

A aplicação integra também um plano semanal que contém tarefas MPS e fichas de acompanhamento. As fichas de acompanhamento serão inseridas pelo colaborador que também as pode editar e consultar, o *controller* tem permissão para consulta e edição. As tarefas de MPS são programadas pelo *controller* e o colaborador poderá consultar e editar essas tarefas. A aplicação integra um módulo de controlo que fornece indicadores que podem ser criados através das listagens de MPS ou fichas de acompanhamento. A gestão dos indicadores é efetuada pelo *controller*.

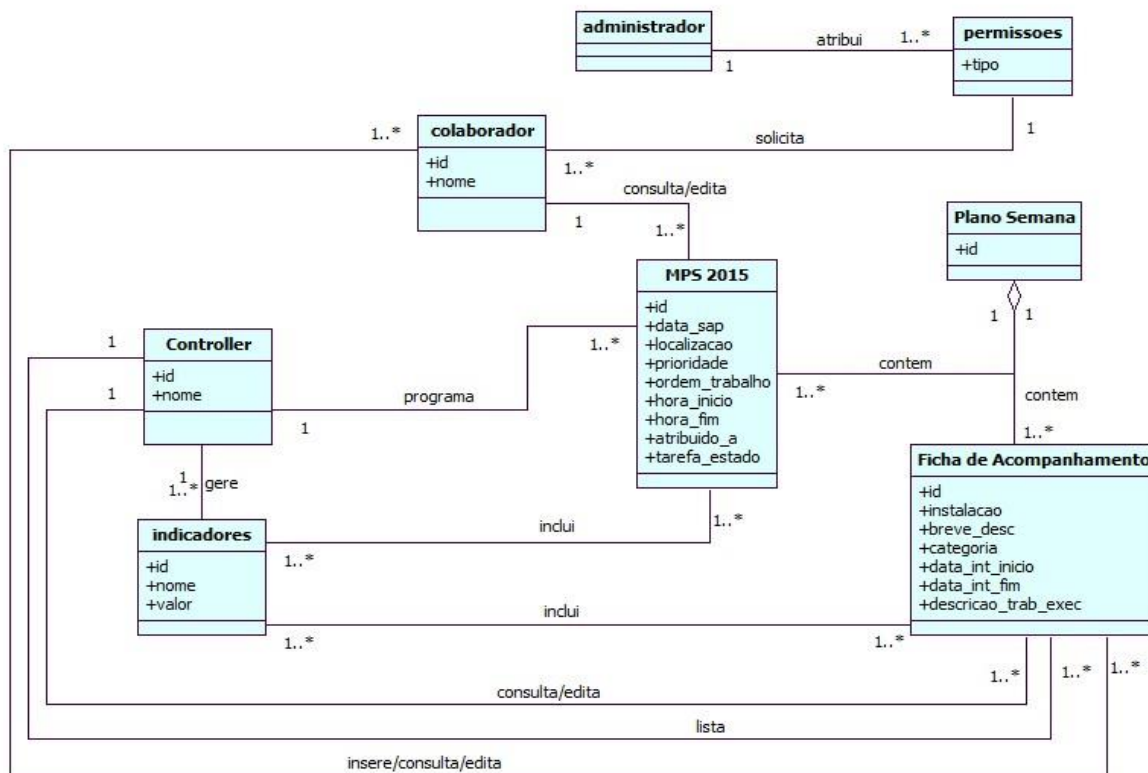


Figura 14 - Diagrama de classes aplicação

5.3 Mockups da aplicação

Nesta secção serão apresentados quatro mockups, que foram desenvolvidos utilizando a ferramenta Pencil Project, referentes à página de login, à página inicial, à página de energia e à página do plano semanal. Em seguida apresentamos estes mockups mais em pormenor.

5.3.1 Página login

Pretende-se que a página login, representada na figura 15, tenha uma imagem de fundo apelativa com o objetivo de enquadrar a aplicação na empresa onde está a ser utilizada. Deverá incluir o logo da empresa e o nome da aplicação, assim como campos para que o utilizador possa efetuar a sua identificação através de *username* e *password*.

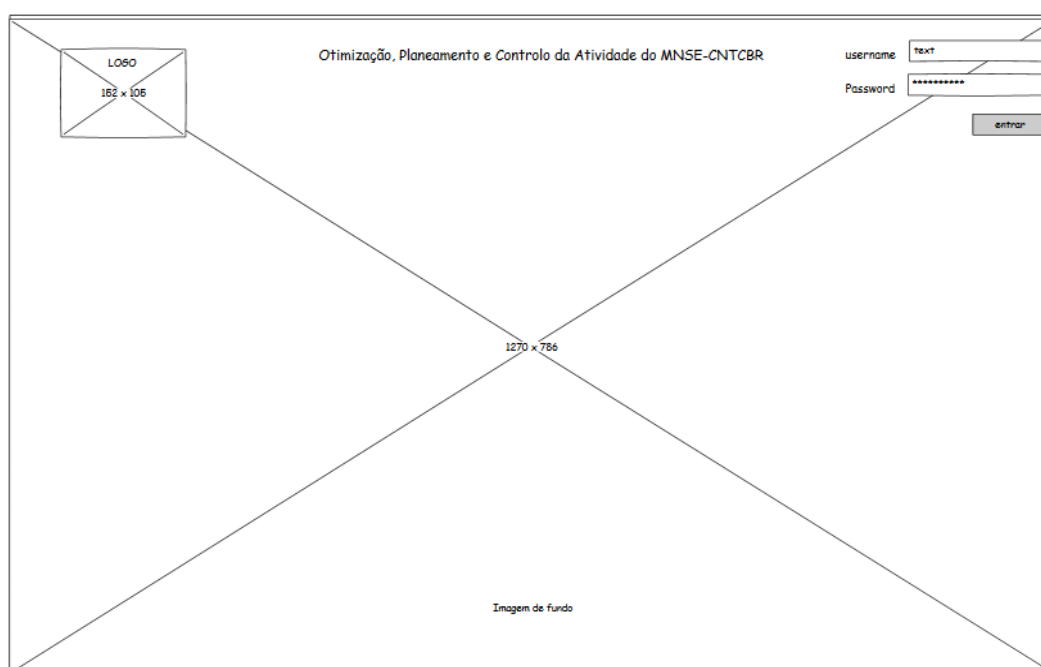


Figura 15 - Mockup da página de login

5.3.2 Página Inicial

A página inicial, como podemos ver na figura 16, terá no cabeçalho o logo da empresa, o nome do departamento, a indicação do utilizador que está a utilizar a aplicação assim como o seu perfil. No lado esquerdo teremos o menu com as seguintes opções: energia, calendário, instalações, equipamentos, otimização e controlo da atividade. Do lado direito teremos um pequeno texto sobre o Departamento. Na parte mais central poderemos ver fotos em modo de apresentação sobre as atividades desenvolvidas por exemplo. Na parte inferior (rodapé), teremos alguns contactos e o e-mail do responsável pela aplicação.

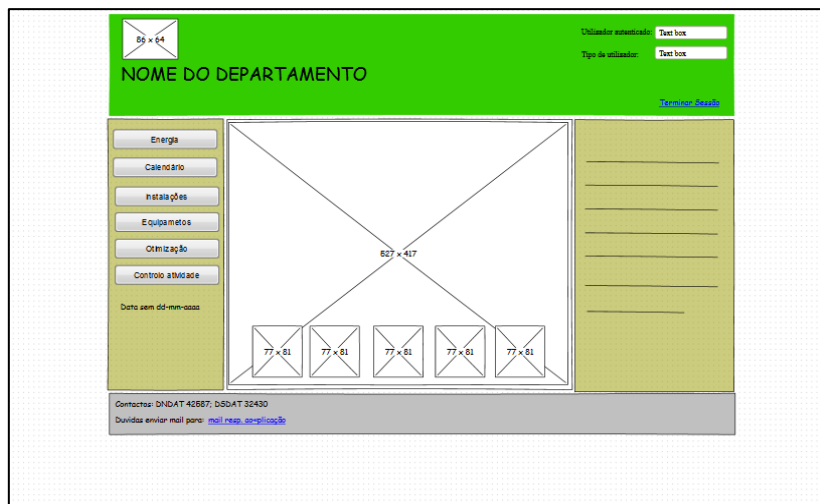


Figura 16 - Mockup da página inicial

5.3.3 Página Energia

A figura 17 mostra o mockup referente a página de energia, que terá o cabeçalho igual à página anterior (página inicial).



Figura 17 - Mockup da página energia

Sobre o lado esquerdo, o menu que terá as opções: *home*, plano semanal, MPS (Manut. Prev. Sist.) e Fichas de Acomp. . Deverá existir também um campo para apresentação da data atual, no formato (sem dd-mm-aaaa). A parte mais central servirá para apresentação de notícias referentes à atividade desenvolvida pelo departamento de manutenção.

5.3.4 Pagina Plano Semanal

Na página referente ao plano semanal o cabeçalho será igual às páginas referidas anteriormente. No menu lateral teremos três opções: energia, relatórios de intervenção e fichas de acomp., haverá ainda um conjunto de *Radio Buttons*⁵, um para cada colaborador. Escolhidos os colaboradores será apresentado o plano de trabalhos dos mesmos na parte mais central da página.

56 x 64

Nome do Departamento

Utilizador autorizado: Test User

Tipo de Utilizador: Test User

Terminar Sessão

energia

Relatórios Intervenção

Fichas Acomp.

Plano Semanal

António Brásio

Carlos Tóme

David Oliveira

Jorge Lopes

Martin Valton

Pedro Soares

Ricardo Gonçalves

Tiago Ramalho

Plano Semanal

mês / ano

mês semana dia

seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom
dd	dd	evento mpa evento FA	dd	dd	dd	dd
dd	dd	dd	evento FA	dd	dd	dd
dd	evento mpa	dd	dd	dd	evento mpa	dd
dd	dd	dd	evento mpa	dd	dd	dd
dd	dd	dd	dd	dd	dd	dd

Figura 18 - Mockup da página plano semanal

Para visualização do plano o utilizador poderá optar por três tipos de vista: mês, semana ou dia, escolhendo a opção pretendida no canto superior direito, como podemos observar na figura 18.

⁵ Radio Buttons – elemento de interface gráfico, com dois estados: selecionado (ativado) e não-selecionado (desativado).

6 Implementação

A fase da implementação que vamos abordar neste capítulo trata da transformação do projeto em código, de seguida vamos detalhar as tecnologias e linguagens utilizadas.

6.1 Tecnologias utilizadas

Para realização da aplicação foi utilizada a linguagem de programação PHP, optou-se por esta linguagem por esta ser muito utilizada no desenvolvimento de aplicações Web. Outra vantagem do PHP é ser Multiplataforma e ter código-fonte aberto. Foi utilizado o XAMP como servidor, para permitir testar a aplicação sem recurso a internet. Para interação com a DB foi utilizado o dbForgeStudio Express for MySQL, o IDE utilizado para programação PHP foi o Adobe dreamweaver, este programa permite a criação e edição de páginas na internet é de fácil utilização e intuitivo. Foi também utilizado o EasyRotator para apresentação de fotografias, o DataTable para uma apresentação mais “userfriendly” das tabelas, permitindo também o uso de filtros e paginação. Para apresentação do plano semanal e das tarefas a realizar foi utilizado o FullCalendar, um calendário de eventos JavaScript de código personalizável e aberto, por último, para apresentação dos gráficos foi usado o Google Charts. Todas estas ferramentas são apresentadas nos próximos tópicos mais pormenorizadamente e com exemplos de utilização na aplicação desenvolvida.

6.1.1 XAMPP

É um servidor independente de plataforma, software livre, que consiste principalmente na base de dados MySQL, o servidor web Apache e os interpretadores para linguagens de script: PHP e Perl. Utiliza a licença GNU e atua como um servidor web livre, fácil de usar e capaz de interpretar páginas dinâmicas. O XAMPP permitir testar páginas web no próprio computador sem acesso a internet.

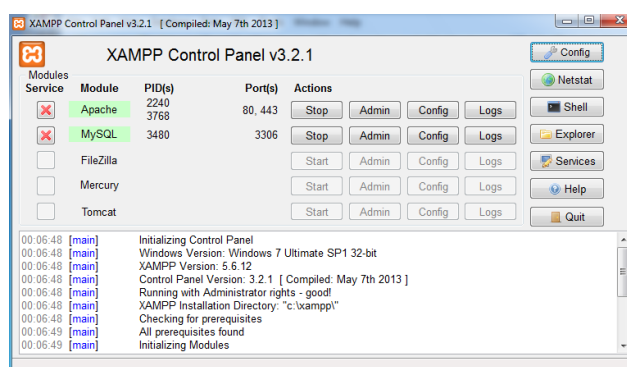


Figura 19 - Painel de controlo do XAMPP

Após os servidores do XAMPP serem iniciados, o servidor web local fica disponível. O armazenamento dos arquivos é efetuado na pasta “htdocs” do diretório do XAMP.

6.1.2 dbForge Studio Express for MySQL

O dbForgeStudio Express for MySQL é uma ferramenta para gestão de BD, permite acesso local ou remoto (via rede). Com esta aplicação, além de editar também é possível a criação de bases de dados.

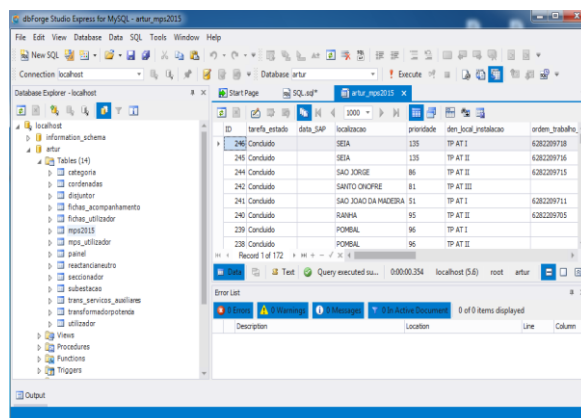


Figura 20 - Exemplo da aplicação dbForge Studio for MySQL

6.1.3 IDE

IDE, do inglês *Integrated Development Environment* (Ambiente Integrado de Desenvolvimento) é um programa de computador que reúne características e ferramentas de apoio ao desenvolvimento de software com o objetivo de agilizar este processo.

Geralmente os IDE's facilitam a técnica de RAD (*Rapid Application Development*, ou “Desenvolvimento Rápido de Aplicativos”), que visa a maior produtividade dos programadores (SERSON 2007).

6.1.3.1 Adobe dreamweaver

O Dreamweaver é um programa de edição de páginas da internet, onde se pode trabalhar com imagens, textos, e muitos outros elementos para a Web (Furlan 2008).

O programa permite a criação e edição de páginas na internet, sendo em alguns aspetos, muito parecido com programas de criação de *layouts*. Com este programa não é necessário escrever todo o código de programação, acelerando assim o tempo de produção de *sites*. O programa cria códigos na linguagem desejada, e o utilizador só precisa utilizar o interface gráfico.

O programa era originalmente da Macromedia, sendo adquirido pela Adobe, que lançou sua primeira versão do programa no mercado em 2007, o Dreamweaver CS3. A partir de então, a Adobe vem investindo muito no programa, que já esta na versão CC 2014 (18 de Junho de 2014).

6.1.4 EasyRotator

EasyRotator permite criar apresentações de fotos para páginas web, está disponível como uma extensão do Dreamweaver. Permite selecionar as fotos, escolher o *layout* e efetuar as mais variadas personalizações, o código é adicionado a página automaticamente, também de maneira simples podemos efetuar atualizações das fotos e da sua apresentação (EasyRotator - Free jQuery Slider / Rotator Builder - Power, ease 2015).



Figura 21 - Exemplo da aplicação do EasyRotator

6.1.5 DataTables

Data Tables é um *plug-in* para a biblioteca jQueryJavascript. É uma ferramenta altamente flexível, com base nos fundamentos da otimização progressiva, e irá adicionar controlos avançados de interação para qualquer tabela HTML, como por exemplo filtros, paginação, etc.

Show 10 entries

Search: adia

id	den loc Instal	hora inicio	hora fim	localizacao	task estado	OM	tratada	liberada	confirmada	encerrada
1	PARALELO BARRAS AT I-II	2015-08-03 19:38:22	2015-08-03 19:38:22		Adiado		S	N	N	S
8	TP AT II				Adiado		N	N	N	S
9	TP AT I				Adiado		N	N	N	S
17	AZ?IA				Adiado		N	N	N	S
24	SERRA A?OR				Adiado		N	N	N	S
29	Locais de Instala?? o/Equipamento desacti				Adiado		N	N	N	S
31	ALQUEID?O				Adiado		N	N	N	S
32	S. CONCELHO				Adiado		N	N	N	S
33	SOPORCEL				Adiado		N	N	N	S
34	Z. INDUSTRIAL I				Adiado		N	N	N	S
id	den loc Ins	hora inicio	hora fim	localizacao	task esta	OM	tratada	liberada	confirmada	encerrada

Showing 1 to 10 of 37 entries (filtered from 172 total entries)

Previous1234Next

Figura 22 - Exemplo de utilização do DataTable

6.1.6 FullCalendar

FullCalendar é um calendário de eventos JavaScript, com código fonte personalizável e aberto. É um *plug-in* jQuery que fornece um calendário onde podem ser criados vários tipos de eventos, visualmente atrativo e configurável (Calendar 2015).

< > Hoje outubro 2015 Mês Semana Dia

seg	ter	qua	qui	sex	sáb	dom
28	29	30	1	2	3	4
		19:20 MPS SE TP R (B) LOI	19:20 MPS SE TP R (B) NEI		19:20 MPS SE TP R (B) CAI	
5	6	7	8	9	10	11
			19:20 MPS SE TP R (B) CEL			
12	13	14	15	16	17	18

Figura 23 - Exemplo de utilização do FullCalendar

6.1.7 Google Charts

O Google Charts oferece uma maneira perfeita de visualização dos dados do *site*, a partir de gráficos dos mais variados tipos. A maneira mais comum de usar o Google Charts é incorporar um JavaScript simples na página web. O Google Charts é uma ferramenta simples de usar, e livre (Developers 2015).

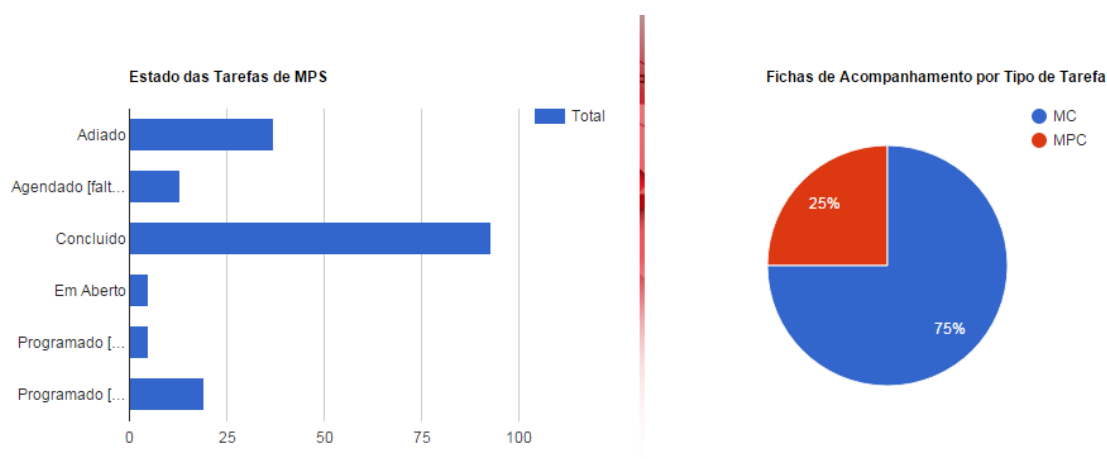


Figura 24 - Exemplo de utilização do Google Charts

6.2 Linguagens utilizadas

As linguagens utilizadas para o desenvolvimento utilizadas para o desenvolvimento da aplicação foram:

- PHP (*Hypertext Preprocessor*) é uma linguagem de script *opensource* de uso geral. Esta linguagem é muito utilizada, sendo especialmente adequada para o desenvolvimento web, podendo ser embutida dentro do HTML. O PHP pode ser utilizado na maioria dos sistemas operacionais.
Uma das características mais fortes e mais significativas do PHP é o suporte a uma ampla variedade de bases de dados.
- MySQL da Oracle, Sistema de Gestão de Bases de Dados (SGBD) que utiliza a linguagem SQL.
- *StructuredQueryLanguage* (SQL) é uma linguagem que permite comunicar com o SGBD.
- JavaScript é uma linguagem que permite executar operações do lado do cliente, incluindo a validação de formulários.
- jQuery, uma biblioteca de funções de JavaScript que permite simplificar a criação de rotinas em JavaScript.
- Json, (Java Script Object Notation) formato para troca de dados.

6.2.1 Desenvolvimento efetuado (exemplos)

De seguida são dados alguns exemplos do desenvolvimento efetuado e das linguagens utilizadas.

6.2.1.1 Cabeçalho

O cabeçalho apresentado na figura 25 será incluído em todas páginas da aplicação e terá a identificação do departamento, informação sobre o utilizador autenticado, esta informação é disponibilizada em todas as páginas utilizando código HTML.



Figura 25 - Cabeçalho, páginas da aplicação

O código foi desenvolvido em HTML, através do Adobe Dreamweaver. Como podemos ver na figura 26, foi colocado o logo animado da empresa (“EDP_anim.gif”), e definida a sua altura e largura, assim como as dimensões do próprio cabeçalho. Está também definido uma hiperligação para o ficheiro “*logout.php*”, para que o utilizador possa sair da aplicação.

```

1 <header>
2 |<table width="100%">
3 |<tr>
4 |<td><h2><a href="#"></a></h2>
5 |<h2><strong><em>MNSE - Manutenção de Subestações</em></strong></h2></td>
6 |<td><p align="right">Utilizador autenticado: <?php echo $_COOKIE["username"];?></p>
7 |<p align="right">Tipo utilizador: <?php echo $_COOKIE["tipo"];?>&nbsp;</p></td>
8 |</tr>
9 |</table>
10 |<table width="100%" border="0">
11 |<tr>
12 |<td width="69%"><p></td>
13 |<td width="16%"><p>
14 |<br>&nbsp;</td>
15 |<td width="15%"><div align="right">
16 |<a href="logout.php"><strong>Terminar Sessão</strong></a>&nbsp;</div></td>
17 |</tr>
18 |</table>
19 |
20 |
21 |</header>

```

Figura 26 - Código HTML, para gerar o cabeçalho

6.2.1.2 Caixa de seleção dinâmica com lista de instalações

O código seguinte, figura 27 foi efetuado para permitir ao utilizador efetuar a escolha através de uma caixa de seleção das instalações para preenchimento das fichas de acompanhamento.

```

296 <select name="instalacao" id="instalacao">
297 <option value="-1"></option>
298 <?php
299 do {
300 ?>
301 <option value="<?php echo $row_instalacao['idSubEstacao']?>"
302 <?php
303 if($row_instalacao['idSubEstacao']==$row_Recordset1['instalacao']) {
304 echo 'selected';
305 }
306 ?>
307 >
308 <?php echo $row_instalacao['descr']?>
309 </option>
310 <?php
311 } while ($row_instalacao = mysql_fetch_assoc($instalacao));
312 $rows = mysql_num_rows($instalacao);
313 if($rows > 0) {
314 mysql_data_seek($instalacao, 0);
315 $row_instalacao = mysql_fetch_assoc($instalacao);
316 }
317 ?>
318 </select>

```

Figura 27 - Código, PHP para construir caixa de seleção dinâmica

6.2.1.3 Página de controlo da atividade (gráficos)

A figura 28 apresenta exemplos de gráficos definidos através das listagens de fichas de acompanhamento.

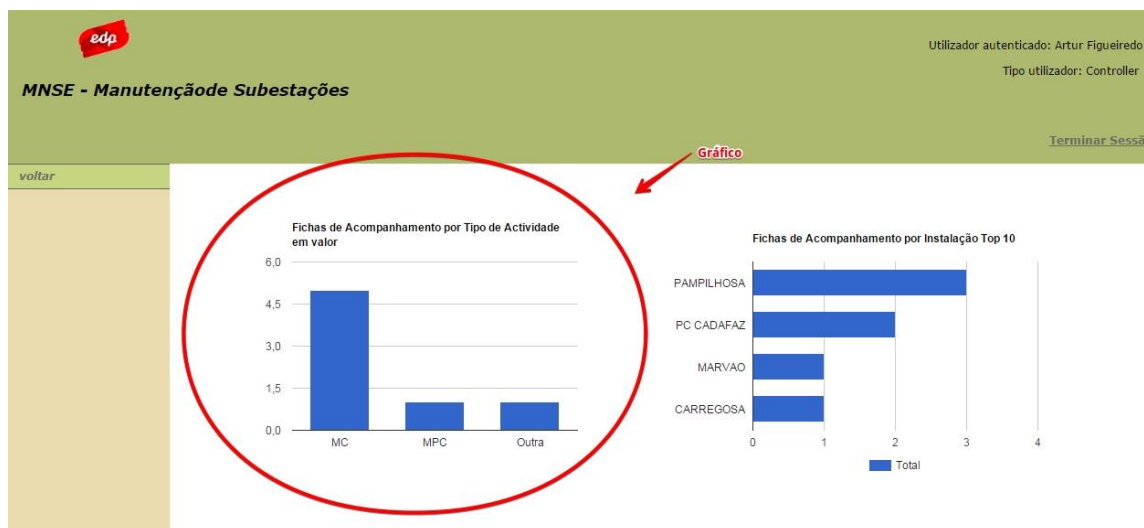


Figura 28 - Exemplo de gráficos, página controlo da atividade

6.2.1.3.1 Query efectuada à BD

Na figura 29 está representada a *query* efetuada a BD (código Mysql), que permite a apresentação do gráfico da figura anterior (figura 28). Com este código vamos selecionar a coluna categoria da tabela fichas de acompanhamento e contar os elementos dessa tabela, agrupando-os por categoria.

```
37 |
38 |mysql_select_db($database_mnse, $mnse);
39 | $query_mps = "SELECT categoria, COUNT(*) total from fichas_acompanhamento GROUP BY categoria";
40 |
```

Figura 29 - Código para efetuar query a base de dados

6.2.1.3.2 Código para desenhar o gráfico

Na figura 30 está um exemplo da utilização de JavaScript e jQuery (\$.ajax – pedido por ajax (Asynchronous Javascript and XML)). A função “drawChart ()” é utilizada para desenhar o gráfico referido na figura 28, é criada uma tabela de dados e são passadas algumas opções como altura e largura e a legenda.

```
161 |function drawChart() {
162 |
163 |    var jsonData = $.ajax({
164 |
165 |        url:"fichas_controlo_json.php",
166 |        dataType:"json",
167 |        async:false
168 |
169 |    }).responseText;
170 |
171 |    // Create the data table.
172 |    var data = new google.visualization.DataTable(jsonData);
173 |    // Instantiate and draw our chart, passing in some options.
174 |    var chart = new google.visualization.ColumnChart(document.getElementById('chart_div'));
175 |    // Set chart options
176 |    var options = {'title':'Fichas de Acompanhamento por Tipo de Actividade em valor',
177 |                  'width':500,
178 |                  'height':300,
179 |                  legend: 'none'
180 |    };
181 |
182 |    // Instantiate and draw our chart, passing in some options.
183 |
184 |    chart.draw(data, options);
185 |}
```

Figura 30 - Código para desenhar gráfico

6.2.1.4 Exemplo de alteração de dados da tarefa de MPS e gravação

Na figura 31, podemos ver a página para alteração das tarefas de MPS, nesta página podem ser alterados alguns dados da tarefa, como o estado as horas de início e fim o motivo do adiamento da tarefa se a mesma já foi vista ou tratada, podemos ainda anexar um relatório. Após estas alterações será necessário, submeter as mesmas veremos de seguida o código responsável por esta operação (figura 32).

Figura 31 - Página para edição de tarefa MPS

6.2.1.4.1 Código para gravação das alterações, efetuadas na tarefa de MPS:

O código seguinte (figura 32), mostra como a tarefa de MPS é alterada na BD, tabela “mps2015”, é utilizado o método \$_post, para “transporte” das variáveis deste modo as variáveis são enviadas no corpo da mensagem e não no endereço.

```

33
34 $target_dir = "relatorios/";
35 $target_file = $target_dir . basename($_FILES["ficheiro"]["name"]);
36
37 move_uploaded_file($_FILES["ficheiro"]["tmp_name"], $target_file);
38
39 $updateSQL = sprintf("UPDATE mps2015 SET tarefa_estado=%s, hora_inicio=%s, hora_fim=%s,
motivo_adiamento=%s, visto=%s, tratada=%s, ficheiro=%s WHERE ID=%s",
40
41             GetSQLValueString($_POST['estado_tarefa'], "text"),
42             GetSQLValueString($_POST['hora_inicio'], "date"),
43             GetSQLValueString($_POST['hora_fim'], "date"),
44             GetSQLValueString($_POST['motivo_adiam'], "text"),
45             GetSQLValueString($_POST['visto'], "text"),
46             GetSQLValueString($_POST['tratada'], "text"),
47
48             GetSQLValueString($_FILES["ficheiro"]["name"], "text"),
49             GetSQLValueString($_POST['id_evento'], "int"));
50
51 mysql_select_db($database_mnse, $mnse);
52 $result1 = mysql_query($updateSQL, $mnse) or die(mysql_error());
53 echo "gravado com sucesso";
54 ?>

```

Figura 32 - Código para gravação das alterações de tarefa MPS

6.2.1.5 Código json para carregamento das tarefas no plano semanal

De seguida é apresentado o código json para carregamento das tarefas no plano semanal, podemos dizer que json uma notação para escrita de objetos javascript. Neste caso teremos um *array* de várias tarefas, para cada tarefa teremos os vários pares “descrição:valor”, separados por “:”.

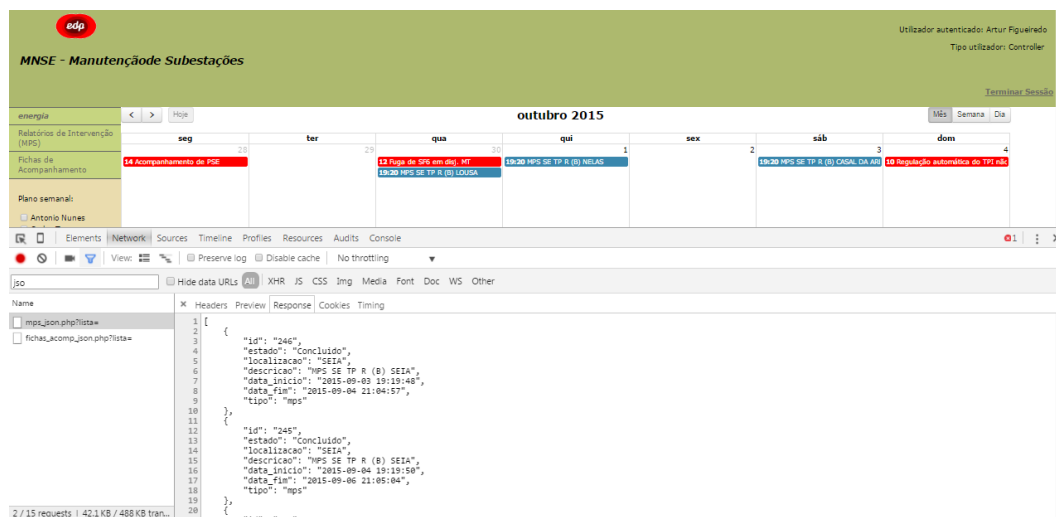


Figura 33 - Código *json* para carregamento de tarefa MPS no calendário

7 Apresentação

Este capítulo serve para dar uma ideia geral da aplicação e suas funcionalidades, estas funcionalidades serão abordadas nos tópicos seguintes.

7.1 Página login

Página de login (figura 34), é necessário a identificação do utilizador com *username* e *password*. O utilizador ao efetuar o login é identificado com o seu perfil (colaborador, *controller* ou administrador). Esta página apresenta também uma imagem de fundo relacionada com a organização, assim como o logotipo da própria empresa.

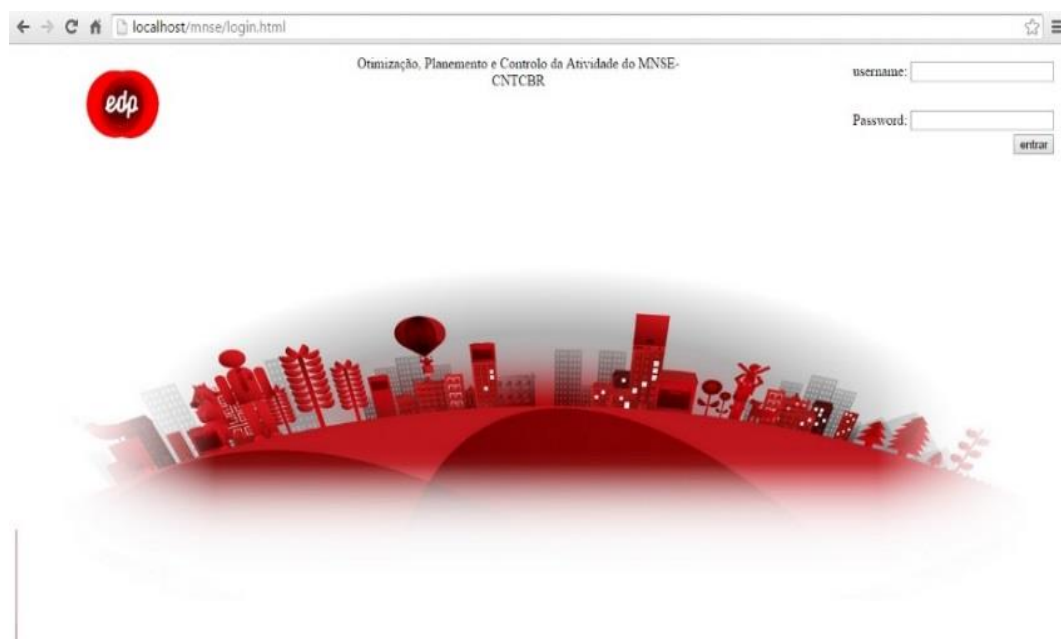


Figura 34 - página login

7.2 Página inicial (perfil Colaborador)

Na figura 35, podemos ver a página inicial da aplicação, podemos verificar o perfil de utilizador, assim como seu nome (canto superior direito), este perfil tem acesso no menu do lado esquerdo às seguintes opções: Energia, Calendário, Instalações e Equipamentos. Este menu é alterado consoante o perfil do utilizador, na figura seguinte (figura 36), podemos verificar esta mesma página mas com perfil diferente (*Controller*).

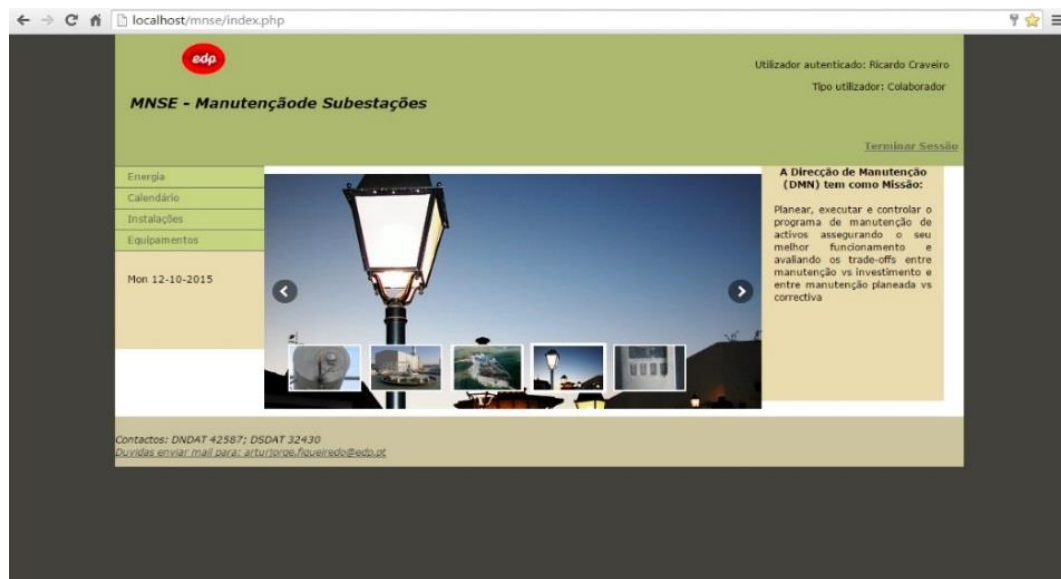


Figura 35 - Página inicial (perfil colaborador)

7.3 Página inicial (perfil *Controller*)

A figura 36 representa a página inicial mas agora com um perfil de utilizador diferente (*Controller*), a única alteração em relação à página anterior é ao nível do menu, são acrescentadas os separadores de otimização e controlo da atividade.

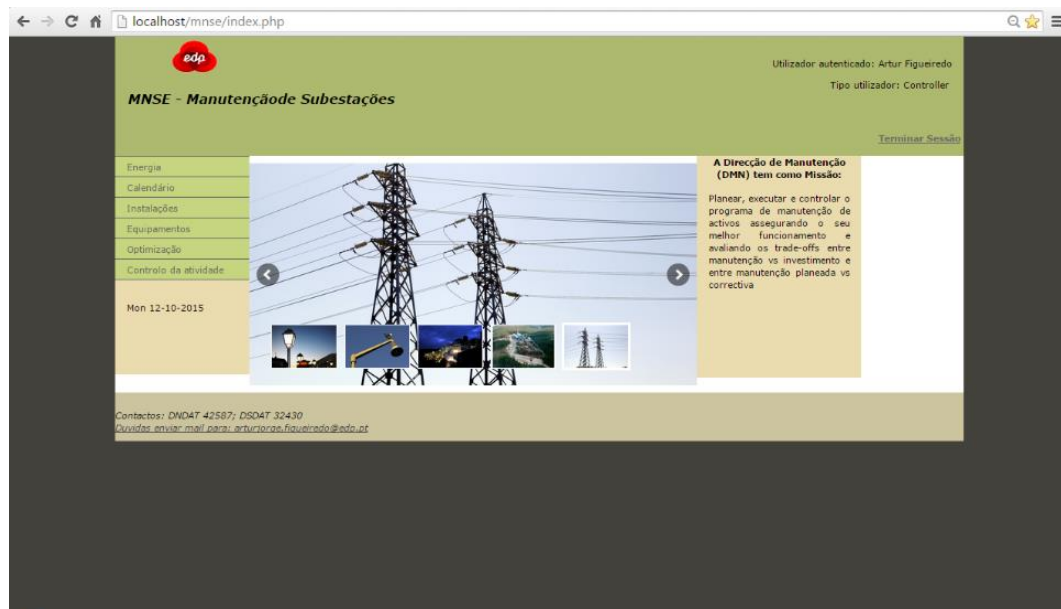


Figura 36 - Página inicial (perfil *Controller*)

7.4 Página energia

A página da área de energia encontra-se representada na figura 37, nesta página somos informados das últimas notícias, sobre atividades desenvolvidas, teremos também acesso ao plano semanal, às tarefas de MPS e às fichas de acompanhamento.

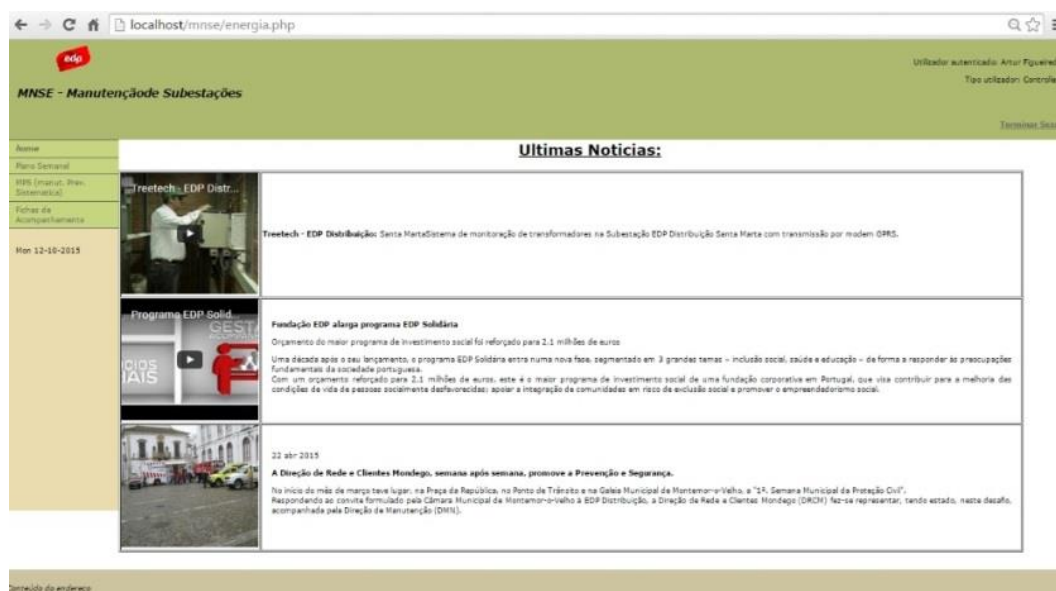


Figura 37 - Página área de energia

7.5 Página plano semanal

Nesta página poderemos visualizar o plano de trabalhos, estão disponíveis três opções de visualização (mensal, semanal ou diária), basta para isso escolher a opção pretendida, o utilizador pode também escolher o mês que quer visualizar, tendo também uma opção de voltar ao dia atual. O plano pode ser visto de forma global em que são visualizadas todas as tarefas, ou poderemos visualizar as tarefas de um determinado colaborador individualmente. Todas estas opções podem ser identificadas na figura 38, apresentada de seguida.

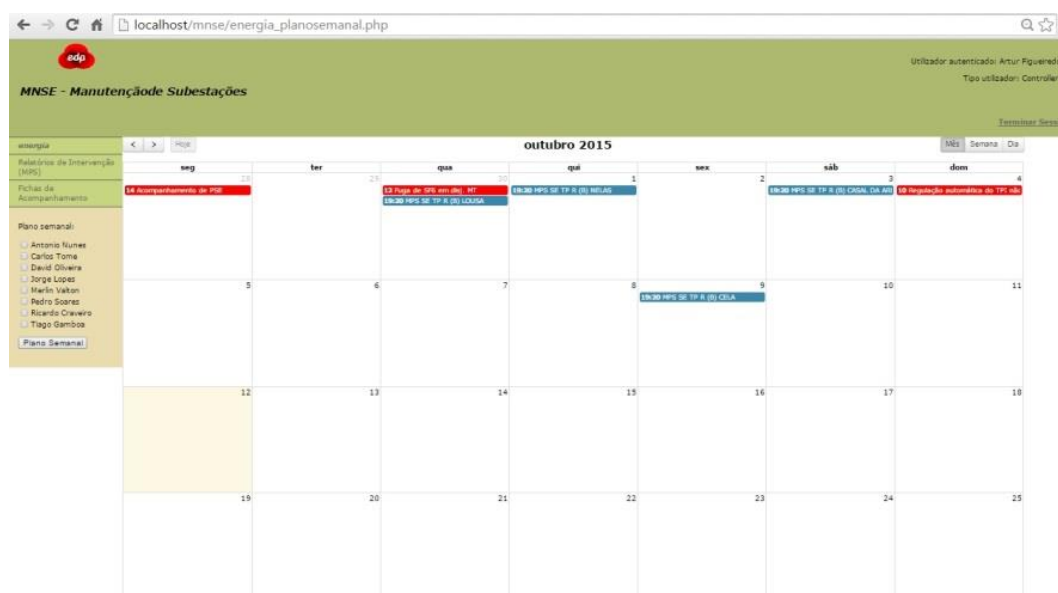


Figura 38 - Página plano semanal

As tarefas apresentadas podem ser editadas através do plano, para isso basta clicar na tarefa e uma nova página é apresentada (figura 39).

7.6 Página editar tarefa

Na página representada na figura 39, podemos editar as tarefas, alterando ou acrescentando informação necessária ao planeamento e controlo da atividade, podem ser alterados os campos relacionados com as datas de execução, pode ser alterado o estado da tarefa e acrescentado o motivo do adiamento caso a tarefa tenha sido adiada, nesta página é colocado também o relatório da intervenção efetuada.



Figura 39 - Página editar tarefa

7.7 Página instalações

A página Instalações (figura 40), dá-nos a possibilidade de navegar através de um mapa, clicando nos pontos assinalados (instalações), podemos também obter informações detalhadas dessa localização.

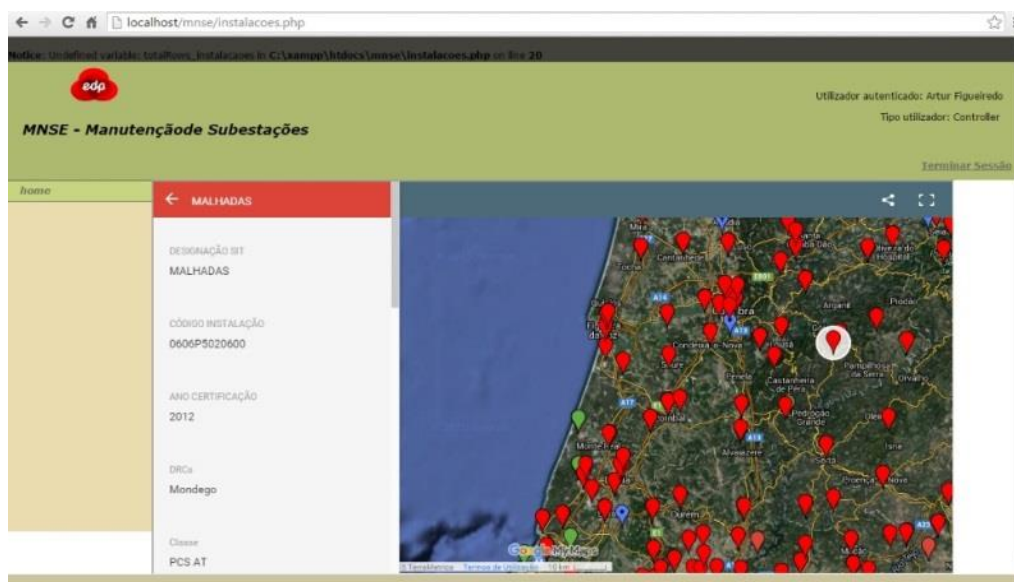


Figura 40 - Página Instalações

7.8 Página otimização

Na página de otimização, figura 41, pode ser visualizada a solução encontrada através do VRP Spreadsheet Solver, assim como todas as parametrizações efetuadas. A solução é apresentada em forma de mapa ou de listagem, para alterar estas vistas basta selecionar a opção pretendida no menu apresentado na parte superior da página.

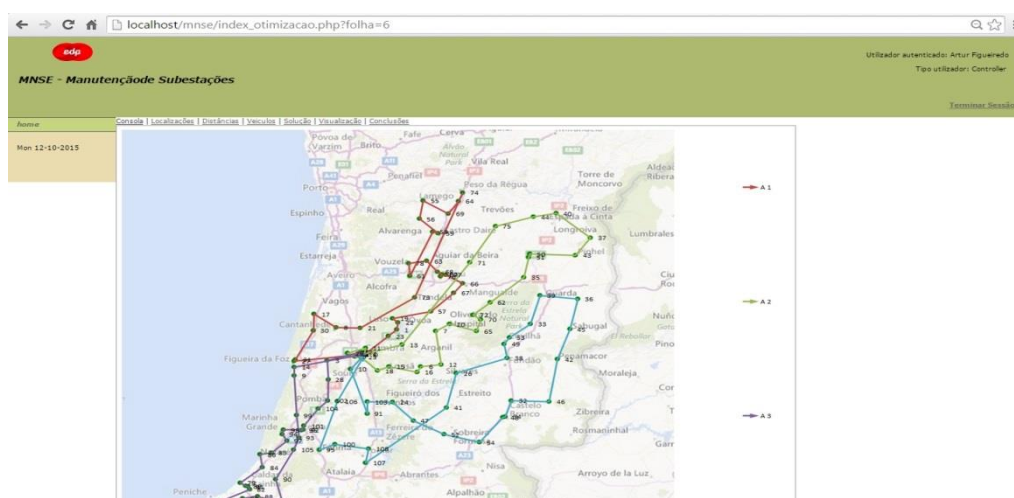


Figura 41 - Página Otimização

7.9 Página controlo da atividade

Na página de controlo da atividade (figura 42), podemos encontrar alguns gráficos com indicadores referentes a atividade desenvolvida, podemos selecionar o tipo de tarefa e visualizar os indicadores respetivos, podemos ainda verificar alguns indicadores referentes às instalações.



Figura 42 - Página Controlo da atividade

8 Conclusão

A eficácia e a eficiência são conceitos que não podem ser desassociados do Controlo de Gestão. Deste modo, o Controlo de Gestão assume uma importância acrescida devido à necessidade de um planeamento adequado e rigoroso das metas e objetivos a atingir no decurso da atividade.

Foi com o intuito de melhorar a eficácia e eficiência do Departamento de Subestações Centro (MNSE CNT) que surge a ideia deste projeto. A criação de uma ferramenta que para além de possibilitar a programação dos trabalhos, pudesse também efetuar não só o acompanhamento, mas também fornecesse indicadores para a gestão, foi o mote. Foi ainda criada uma rotina de rotas otimizadas, que surge como peça fundamental de todo este projeto, pois como podemos verificar esta otimização traz ganhos para toda a estrutura, desde a própria empresa, com ganhos financeiros a vários níveis, como para os colaboradores com redução significativa das deslocações e tempos de viagem.

Em relação à aplicação foram atingidos os objetivos propostos, estado agora o MNSE CNT dotado de uma ferramenta que permitirá a programação da atividade, assim como o seu controlo. Em termos de otimização os ganhos foram vários, como referido anteriormente.

Para além dos ganhos já referidos para a organização, em termos pessoais foi muito enriquecedor este projeto. A revisão bibliográfica foi fonte de conhecimento tanto na parte de otimização com inúmeras publicações sobre o tema do VRP e as suas inúmeras versões, como na parte de tecnologias e linguagens de programação utilizadas.

8.1 Trabalho futuro

Este projeto deve levar a uma reflexão sobre a importância da otimização nesta área da manutenção de subestações, pois como podemos verificar existem ganhos significativos implementando uma otimização de rotas para as equipas de manutenção, podendo no futuro ser exploradas outras áreas.

Deve ser equacionada a incorporação de outras ferramentas existentes em uso pela organização, nomeadamente a ferramenta de criação de relatórios de intervenção, na aplicação desenvolvida. Com esta incorporação os colaboradores passariam a efetuar todas as operações necessárias ao *feedback* das suas intervenções numa só aplicação.

Referências

- Amponsah, S. & Salhi, S., 2004. The investigation of a class of capacitated arc routing problems: the collection of garbage in developing countries. *Waste management*.
- Arisholm, E. et al., 2006. The impact of UML documentation on software maintenance: an experimental evaluation. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 32(6), pp.365–381.
- Arlow, J. & Neustadt, I., 2002. UML and the Unified Process. *Practical Object-Oriented Analysis and Design*. Boston,
- Baldacci, R., Mingozzi, A. & Roberti, R., 2012. Recent exact algorithms for solving the vehicle routing problem under capacity and time window constraints. *European Journal of Operational Research*, 218(1), pp.1–6.
- Beynon-Davies, P. et al., 1999. Rapid application development (RAD): an empirical review. *European Journal of Information Systems*, 8(3), pp.211–223. Disponível em: [http://www.researchgate.net/publication/31978101_Rapid_application_development_\(RAD\)_an_empirical_review](http://www.researchgate.net/publication/31978101_Rapid_application_development_(RAD)_an_empirical_review) [Acedido a 4 de Agosto de 2015].
- Calendar, F.-J.E., 2015. FullCalendar - JavaScript Event Calendar (jQuery plugin). *FullCalendar - JavaScript Event Calendar (jQuery plugin)*. Available at: <http://fullcalendar.io/> [Acedido a 6 de Maio de 2015].
- Cordeau, J.-F. et al., 2002. A guide to vehicle routing heuristics. *Journal of the Operational Research Society*, 53(5), pp.512–522. Available at: <http://www.jstor.org/stable/823019>.
- Dantzing, G.B. & Ramser, J.H., 1959. The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6(1), pp.80–91.
- Developers, G., 2015. Google Visualization API Reference | Charts | Google Developers. Available at: <https://google-developers.appspot.com/chart/interactive/docs/reference> [Accessed May 21, 2015].
- EasyRotator - Free jQuery Slider / Rotator Builder - Power, ease, flexibility-Dwu. co., 2015. EasyRotator - Free jQuery Slider / Rotator Builder - Power, ease, flexibility - DWUser.com. Available at: <http://www.dwuser.com/easyrotator/> [Acedido em 21 de Maio de 2015].
- edp, 2015. EDP. Available at: <http://www.edp.pt/pt/Pages/homepage.aspx> [Acedido em 30 de Janeiro de 2015].
- EDP Distribuição, 2007. DIT-C13-500/N - Instalações AT e MT. Subestações de Distribuição: Projecto-tipo – Memória descritiva. Disponível em: http://www.edpdistribuicao.pt/pt/profissionais/projecto-tipoSE_AT_MT/documentacaonormativa/Pages/documentacaoNormativa.aspx.
- EDP Distribuição - DMN MNPC, 2015. Manual DE Manutenção.

- Erdoğan, G., 2013. UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON User's Guide to the VRP Spreadsheet Solver.
- Furlan, M.P., 2008. Dreamweaver CS4. *Useful Keyboard Shortcuts - Mac*, p.1. Disponível em:
http://www.nobledesktop.com/download/shortcut_guides/dreamweaver_cs4_shortcuts_mac.pdf \npapers2://publication/uuid/C274FFA3-6016-48F9-99A8-90EF890C9A8A.
- G.B. Dantzing and J. H. Ramser, 1959. The Truck Dispatching Problem on JSTOR. Available at: http://www.jstor.org/stable/2627477?seq=1#page_scan_tab_contents [Acedido a 5 de Outubro de 2015].
- Hansen, P. & Mladenovic, N., 2003. Variable neighborhood search. *Handbook of Metaheuristics*, 24(11), pp.145–184. Disponível em:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305054897000312>.
- Martin, J., 1991. Rapid application development. Available at: [http://www.nhmnc.info/wp-content/uploads/fbpdfs2014/Rapid Application Development by James Martin - Rapid Application Development Methodology .pdf](http://www.nhmnc.info/wp-content/uploads/fbpdfs2014/Rapid%20Application%20Development%20by%20James%20Martin%20-%20Rapid%20Application%20Development%20Methodology.pdf) [Acedido a 4 de Agosto de 2015].
- Montané, F. & Galvão, R., 2006. A tabu search algorithm for the vehicle routing problem with simultaneous pick-up and delivery service. Disponível em:
[http://www.po.ufrj.br/projeto/papers/A tabu search algorithm for the vehicle routing.pdf](http://www.po.ufrj.br/projeto/papers/A%20tabu%20search%20algorithm%20for%20the%20vehicle%20routing.pdf) [Acedido a 10 de Agosto de 2015].
- Pisinger, D. & Ropke, S., 2007a. A general heuristic for vehicle routing problems. *Computers & Operations Research European Journal of Operational Research*, 34, pp.2403–2435. Available at: www.elsevier.com/locate/cor.
- Pisinger, D. & Ropke, S., 2007b. Large neighborhood search. *Handbook of Metaheuristics*, 146, pp.1–22. Available at: <http://www.springerlink.com/index/U24307L143682348.pdf>.
- SERSON, R.R., 2007. *Programação Orientada a Objetos com Java 6 - Curso universitário*, Brasport. Available at: <https://books.google.com/books?id=CsGtipt1wsQC&pgis=1> [Acedido a 21 de Outubro de 2015].
- Shaw, P., 1998. Using Constraint Programming and Local Search Methods to Solve Vehicle Routing Problems. *Principles and Practice of Constraint Programming-CP 1998*, pp.417–431.
- Shen, Z. & Ord, F., 2007. The Stochastic Vehicle Routing Problem for Large-scale Emergencies. *Working Paper*, pp.1–33.
- Tarantilis, C. & Kiranoudis, C., 2002. Distribution of fresh meat. *Journal of Food Engineering*. Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877401000401> [Acedido a 21 de Outubro de 2015].

Anexos I – Fichas de Revisão


		MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA SUBESTAÇÕES E POSTOS DE CORTE OU SECCIONAMENTO INSTALAÇÃO FICHA INSPECÇÃO VISUAL SUMÁRIA				FI--01 V1--2010 1/2				
Instalação: _____ N.º OPM: _____ Data Inspeção: ____/____/____ Nota Importante: Dever-se-á tentar solucionar todas as anomalias detectadas no decorrer das verificações, controlos e intervenções listadas nesta ficha. ESTADO GLOBAL DA INSTALAÇÃO: Mau 1 2 3 4 5 Excelente										
TRANSFORMADORES-DE-POTÊNCIA						I	II	III	IV	Observações
1a	Fugas de Óleo (travessias? cuba? conservador? válvulas? juntas / comutador)?									
2a	Percentagem de Silica-Gel na cor original (ex.: 2/3) e estado da Junta?									
3a	Registo do Número de Manobras do Comutador?									
REACTÂNCIAS? RESISTÊNCIAS-DE-NEUTRO						I	II	III	IV	Observações
4a	Fugas de Óleo (travessias? cuba? conservador? Buchholz? DGPT)?									
5a	Registo Percentagem de Silica-Gel na cor original (ex.: 2/3) {se aplicável}?									
TRANSFORMADORES-DE-SERVIÇOS-AUXILIARES						I	II	III	IV	Observações
6a	Fugas de Óleo (travessias? cuba? conservador? Buchholz? DGPT)?									
7a	Registo Percentagem de Silica-Gel na cor original (ex.: 2/3) {se aplicável}?									
DISJUNTORES						Tipo: Óleo / Ar Comprimido / SF6 / Vácuo (riscar o que não interessar)				
Nível-Tensão: 60 / 30 / 15 / 10 kV		Número do Painel								Observ.

Figura 43 - Ficha inspeção Visual


		MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA SUBESTAÇÕES TRANSFORMADORES-DE-POTÊNCIA FICHA DE REVISÃO				FR--01 V1--2010 1/3	
Instalação: _____ N.º OPM: _____ Data Inspeção: ____/____/____ Nota Importante: Dever-se-á tentar solucionar todas as anomalias detectadas no decorrer das verificações, controlos e intervenções listadas nesta ficha.							
Transformador-de-Potência		Comutador-em-Carga		Comando-do-Comutador-em-Carga			
Fabricante: _____		Fabricante: _____		Fabricante: _____			
Tipo: _____		Tipo: _____		Tipo: _____			
Pot.: _____ MVA+ N.º Fabrico: _____				N.º Fabrico: _____			
Relação de Transformação (kV): ____/____/____							
Notas Importantes 1. → A realização das intervenções indicadas nesta ficha deverá ser sempre acompanhada da consulta da documentação técnica específica do disjuntor e das ferramentas usadas. 2. → Dever-se-ão seguir os procedimentos de segurança próprios de cada produto químico no seu manuseio.							
TRANSFORMADOR-DE-POTÊNCIA						Cód.	Observações
1a Estado Geral (pintura? corrosão)?							
2a Nível de Ruído?							
3a Estado Travessias (fissuras, contornos)?							
4a Fugas Óleo (travessias? cuba? conservador? Buchholz? válvulas? juntas)?							

Figura 44 - Ficha revisão Transformadores de Potência

	MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA SUBESTAÇÕES E POSTOS DE CORTE OU SECCIONAMENTO DISJUNTORES FICHA DE ENSAIO	FE--01 <small>V1 -- 2010</small> 1/2
Instalação: _____ N.º OPM: _____ Data Inspeção: ____/____/____		
Nota-Importante: Dever-se-á tentar solucionar todas as anomalias detectadas no decorrer das verificações, controlos e intervenções listadas nesta ficha.		
DISJUNTOR		Observações
N.º Painel		
Designação Painel		
SAPID		
Fabricante		
Tipo (Óleo/SF6/Vácuo/Ar-Comprimido)		
N.º Fabrico		
N.º de Manobras (após ensaio)		
1 Abertura e Fecho por TC		
2 Abertura e Fecho por TPL		
3 Abertura e Fecho no Comando		
4 Sinalização de estado	No TPL	
	No Comando	

Figura 45 - Ficha revisão Disjuntor

	MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA SUBESTAÇÕES E POSTOS DE CORTE OU SECCIONAMENTO DISJUNTORES DE PEQUENO VOLUME DE ÓLEO (COMANDO ÓLEO-PNEUMÁTICO) FICHA DE REVISÃO	FR--02 <small>V1 -- 2010</small> 1/3
Instalação: _____ Painel: _____		
N.º OPM: _____ Data Inspeção: ____/____/____		
Disjuntor: _____ Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ SAP-ID: _____ Ano: _____		Comando: _____ Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ Ano: _____
Notas-Importantes 1. → A realização das intervenções indicadas nesta ficha deverá ser sempre acompanhada da consulta da documentação técnica específica do disjuntor e das ferramentas usadas. 2. → Dever-se-ão seguir os procedimentos de segurança próprios de cada produto químico no seu manuseio. 3. → Dever-se-á tentar solucionar todas as anomalias detectadas no decorrer das verificações, controlos e intervenções listadas nesta ficha.		
Fabricante	Disj. Tipo	Tempos (ms)
		Abertura Fecho
	HPGE7-8E	55 120
		Resistência contacto (microhm) Resistência isolamento (Megaohm)
		75(800A)/50(1000A) >1000
		Batimento (ms)
		≤2

Figura 46 - Ficha revisão disjuntores pequeno volume de óleo

	MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA SUBESTAÇÕES E POSTOS DE CORTE OU SECCIONAMENTO DISJUNTORES DE PEQUENO VOLUME DE ÓLEO (COMANDO MECÂNICO) FICHA DE REVISÃO	FR-03 V1-2010 1/3																
Instalação: _____ Painel: _____ N.º OPM: _____ Data Inspeção: ____/____/____																		
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Disjuntor: Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ SAP-ID: _____ Ano: _____ </td> <td style="width: 50%;"> Comando: Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ Ano: _____ </td> </tr> </table>			Disjuntor: Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ SAP-ID: _____ Ano: _____	Comando: Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ Ano: _____														
Disjuntor: Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ SAP-ID: _____ Ano: _____	Comando: Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ Ano: _____																	
Notas Importantes 1. → A realização das intervenções indicadas nesta ficha deverá ser sempre acompanhada da consulta da documentação técnica específica do disjuntor e das ferramentas usadas. 2. → Dever-se-ão seguir os procedimentos de segurança próprios de cada produto químico no seu manuseio. 3. → Dever-se-á tentar solucionar todas as anomalias detectadas no decorrer das verificações, controlos e intervenções listadas nesta ficha.																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th rowspan="2">Fabricante</th> <th rowspan="2">Disj. Tipo</th> <th colspan="2">Tempos (ms)</th> <th rowspan="2">Resistência contacto (microhm)</th> <th rowspan="2">Resistência isolamento (Megaohm)</th> <th rowspan="2">Batimento (ms)</th> </tr> <tr> <th>Abertura</th> <th>Fecho</th> </tr> <tr> <td></td> <td>HPGE7-8E</td> <td>55</td> <td>120</td> <td>75(800A)/50(1000A)</td> <td>>1000</td> <td>≤2</td> </tr> </table>			Fabricante	Disj. Tipo	Tempos (ms)		Resistência contacto (microhm)	Resistência isolamento (Megaohm)	Batimento (ms)	Abertura	Fecho		HPGE7-8E	55	120	75(800A)/50(1000A)	>1000	≤2
Fabricante	Disj. Tipo	Tempos (ms)			Resistência contacto (microhm)	Resistência isolamento (Megaohm)				Batimento (ms)								
		Abertura	Fecho															
	HPGE7-8E	55	120	75(800A)/50(1000A)	>1000	≤2												

Figura 47 - Ficha de Revisão Disjuntor PVO

	MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA SUBESTAÇÕES E POSTOS DE CORTE OU SECCIONAMENTO DISJUNTORES DE VÁCUO FICHA DE REVISÃO	FR-05 V1-2010 1/3																																									
Instalação: _____ Painel: _____ N.º OPM: _____ Data Inspeção: ____/____/____																																											
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Disjuntor: Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ SAP-ID: _____ Ano: _____ </td> <td style="width: 50%;"> Comando: Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ Ano: _____ </td> </tr> </table>			Disjuntor: Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ SAP-ID: _____ Ano: _____	Comando: Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ Ano: _____																																							
Disjuntor: Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ SAP-ID: _____ Ano: _____	Comando: Fabricante: _____ Tipo: _____ N.º Fabrico: _____ Ano: _____																																										
Notas Importantes 1. → A realização das intervenções indicadas nesta ficha deverá ser sempre acompanhada da consulta da documentação técnica específica do disjuntor e das ferramentas usadas. 2. → Dever-se-ão seguir os procedimentos de segurança próprios de cada produto químico no seu manuseio. 3. → Dever-se-á tentar solucionar todas as anomalias detectadas no decorrer das verificações, controlos e intervenções listadas nesta ficha.																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th rowspan="2">Fabricante</th> <th rowspan="2">Disj. Tipo</th> <th colspan="2">Tempos (ms)</th> <th rowspan="2">Resistência contacto (microhm)</th> <th rowspan="2">Resistência isolamento (Megaohm)</th> <th rowspan="2">Batimento (ms)</th> </tr> <tr> <th>Abertura</th> <th>Fecho</th> </tr> <tr> <td rowspan="4">ABB</td> <td>SFE17.08.25</td> <td>70</td> <td>50</td> <td><200</td> <td>>1000</td> <td>≤2</td> </tr> <tr> <td>VD4</td> <td>60</td> <td>80</td> <td><200</td> <td>>1000</td> <td>≤2</td> </tr> <tr> <td>DIVAC1216B</td> <td>≤30 e ≤55</td> <td>≤30</td> <td>≤45</td> <td>>1000</td> <td>≤2</td> </tr> <tr> <td>DIVAC1216D</td> <td>≤30 e ≤55</td> <td>≤30</td> <td>≤30</td> <td>>1000</td> <td>≤2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>DIVAC1225G</td> <td>≤30 e ≤55</td> <td>≤30</td> <td>≤20</td> <td>>1000</td> <td>≤2</td> </tr> </table>			Fabricante	Disj. Tipo	Tempos (ms)		Resistência contacto (microhm)	Resistência isolamento (Megaohm)	Batimento (ms)	Abertura	Fecho	ABB	SFE17.08.25	70	50	<200	>1000	≤2	VD4	60	80	<200	>1000	≤2	DIVAC1216B	≤30 e ≤55	≤30	≤45	>1000	≤2	DIVAC1216D	≤30 e ≤55	≤30	≤30	>1000	≤2		DIVAC1225G	≤30 e ≤55	≤30	≤20	>1000	≤2
Fabricante	Disj. Tipo	Tempos (ms)			Resistência contacto (microhm)	Resistência isolamento (Megaohm)				Batimento (ms)																																	
		Abertura	Fecho																																								
ABB	SFE17.08.25	70	50	<200	>1000	≤2																																					
	VD4	60	80	<200	>1000	≤2																																					
	DIVAC1216B	≤30 e ≤55	≤30	≤45	>1000	≤2																																					
	DIVAC1216D	≤30 e ≤55	≤30	≤30	>1000	≤2																																					
	DIVAC1225G	≤30 e ≤55	≤30	≤20	>1000	≤2																																					

Figura 48 - Ficha de Revisão Disjuntor Vácuo

Anexos II – VRP Solver

Sequence	Parameter	Value	Remarks
0. Optional – GIS License	Bing Maps Key	AjSiYYYkuf1bSDcMMzDEKf	You can get a free key at https://www.bingmapsportal.com/
1. Locations	Número de clientes	108	[5,200]
	Pickup / Delivery?	Pickup	
2. Distances	Distance / duration computation	Bing Maps	The distance unit is km for 'Geodesic Approximation' and 'Bing Maps'
	Bing Maps route type	Fastest	Recommendation: use Fastest
	Average vehicle speed	90	Not used for the 'Bing Maps' option
3. Vehicles	Número de tipos de veículos	1	Heterogeneous VRP if greater than 1
4. Solution	Todos os veículos devem ser usados?	Yes	Flexível mix de frota / frota se 'Não'
	Os veículos devem retornar ao depósito?	Yes	Abrir VRP se não retorno
	Tipo de janela de tempo	Hard	
	Hora de início de trabalho	08:00	[00:00,23:59]
	Condução limite de tempo	8:00	
	Trabalhando limite de tempo	8:00	
	limite de distância	500	positivo
5. Optional – Visualiz.	Visualization background	Bing Maps	
	Location labels	Location IDs	
6. Solver	Warm start?	Yes	
	CPU time limit (seconds)	60	Recommendation: At least 780 seconds.
	LNS minimum removal rate	10%	[5%, 50%]
	LNS maximum removal rate	40%	[5%, 50%]
	LNS candidate list size	2	[1, 5]
	Random number seed	123456789	[1,2147483647]

Figura 49 - Consola VRP Solver

Tabela 18 - VRP Solver, solução Rota 1

Stop count	Location name	Distance	Working time
0	Sede	0,00	0:00
1	PC PENACOVA	24,21	3:00
2	AGUIEIRA	35,02	5:41
3	PC MORTÁGUA	42,49	8:19
4	MORTÁGUA	47,21	10:56
5	CARREGAL DO SAL	74,44	13:54
6	NELAS II	93,93	16:46
7	MANGUALDE	103,76	19:26
8	VISO	120,47	22:18
9	WISEU	124,90	24:57
10	FEIRA	127,54	27:33
11	ORGENS	131,49	30:12
12	GUMIEI	144,54	33:03
13	VOUZELA	161,47	35:59
14	FORNELO DO MONTE	180,00	38:49
15	PC CASTRO DAIRE	232,26	42:07
16	SE CASTRO DAIRE	240,08	44:50
17	CABRIL	266,90	47:47
18	AREGOS	291,62	50:46
19	RIBABELIDE	319,11	53:49
20	LAMEGO	335,09	56:42
21	VAROSA	349,66	59:29
22	TONDELA	439,86	62:57
23	PAMPILHOSA	499,47	66:18
24	CANTANHEDE	516,19	69:12
25	MIRA	531,31	72:01
26	TOCHA	545,64	74:51
27	VILA ROBIM	570,26	78:00
28	SÃO JULIÃO	571,95	80:33
29	Sede	618,01	81:21

Tabela 19 - VRP Solver, solução Rota 2

Stop count	Location name	Distance	Working time
0	Sede	0,00	0:00
1	ALTO DE SÃO JOÃO	0,31	2:31
2	CORRENTE	5,39	5:10
3	TAVEIRO	16,99	7:54
4	ANTANHOL	24,59	10:36
5	SANTA CLARA	31,69	13:19
6	MIRANDA DO CORVO	49,68	16:19
7	LOUSÃ	59,23	19:03
8	MALHADAS	88,60	22:13
9	CADAFAZ	98,87	25:04
10	FAJÃO	113,43	27:51
11	CANDOSA	155,10	31:03
12	OLIVEIRA DO HOSPITAL	167,07	33:54
13	LORIGA	191,66	36:58
14	SABUGUEIRO	214,82	39:54
15	SEIA	227,88	42:42
16	GOUVEIA	245,74	45:35
17	CELORICO	274,58	48:40
18	SE TRANCOSO	292,88	51:29
19	PC TRANCOSO	295,39	54:05
20	PINHEL	334,07	57:19
21	F. C. RODRIGO	355,88	60:07
22	MARVÃO	401,22	63:23
23	RANHADOS	424,03	66:17
24	VILA DA RUA	454,66	69:24
25	SÁTÃO	489,52	72:38
26	FRONHAS	585,99	76:43
27	Sede	624,24	77:33

Tabela 20 - VRP Solver, solução Rota 3

Stop count	Location name	Distance	Working time
0	Sede	0,00	0:00
1	ALEGRIA	3,45	2:38
2	ALFARELOS	30,46	5:38
3	SOURE	45,63	8:30
4	POMBAL	62,18	11:23
5	RANHA	71,21	14:06
6	PINHEIROS	87,31	16:58
7	FONTE QUENTE	91,08	19:36
8	ANDRINOS	92,67	22:10
9	MARINHA GRANDE	105,32	25:00
10	CASAL DA LEBRE	109,15	27:39
11	MACEIRA	115,38	30:18
12	CASAL DA AREIA	131,72	33:13
13	NAZARÉ	142,19	35:55
14	CELA	155,85	38:44
15	ALTO NOBRE	176,64	41:42
16	SANTO ONOFRE	181,43	44:18
17	CALDAS	183,52	46:52
18	CALDAS DA RAINHA	186,80	49:30
19	ATOUGUIA	213,13	52:25
20	DAGORDA	230,81	55:19
21	SANCHEIRA	244,08	58:01
22	RIO MAIOR	264,10	61:02
23	TURQUEL	288,51	64:03
24	SÃO JORGE	313,94	67:03
25	AZÓIA	324,89	69:49
26	ORTIGOSA	341,81	72:41
27	CARVALHAIS	374,03	75:55
28	GALA	384,02	78:36
29	Sede	433,52	79:29

Tabela 21 - VRP Solver, solução Rota 4

Stop count	Location name	Distance	Working time
0	Sede	0,00	0:00
1	CONDEIXA	17,52	2:53
2	ALVAIÁZERE	57,31	6:07
3	PONTÃO	67,03	8:50
4	PEDROGÃO	85,78	11:38
5	SERTÃ	111,84	14:31
6	VALE SERRÃO	135,54	17:22
7	VILA VELHA DE RODÃO	163,55	20:14
8	TALAGUEIRA	191,54	23:08
9	CASTELO BRANCO	193,30	25:44
10	ALCAINS	205,77	28:24
11	SENHORA DA GRAÇA	234,54	31:27
12	PENAMACOR	267,60	34:32
13	SABUGAL	299,77	37:34
14	CERDEIRA	323,81	40:32
15	GUARDA	354,74	43:40
16	BELMONTE	377,76	46:35
17	VÁRZEA	399,81	49:27
18	TORTOSENDO	410,16	52:11
19	FUNDÃO	423,72	55:01
20	SANTA LUZIA	473,93	58:24
21	OLEIROS	514,37	61:41
22	SANTA CITA	613,11	65:52
23	VENDA NOVA	626,29	68:40
24	OURÉM	652,25	71:32
25	FÁTIMA	665,67	74:19
26	SICÓ	715,76	77:59
27	Sede	756,51	78:48